

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y FINANCIERAS
CARRERA: ECONOMÍA



TESIS DE GRADO

FORMULACIÓN DE UN MODELO MATEMÁTICO
“OPTIMIZACIÓN DE UTILIDADES EN
INVERSIONES DE RIESGO”

POSTULANTE : Jorge Luis Medrano Llano
TUTOR : Ing. MSC. Mariano Saucedo E.

LA PAZ – BOLIVIA
2000

¿Cómo puede ser que las matemáticas, que son después de todo un producto del pensamiento humano independiente de la experiencia, se adapten tan admirablemente a los objetos de la realidad?

Albert Einstein

INDICE DE CONTENIDOS

PRIMERA PARTE: PRESENTACION DEL TEMA	Pg.
INTRODUCCIÓN	1
PRESENTACION	5
1. Propósito de la Investigación	5
2. Alcances y Limites del modelo	5
Ventajas	6
Limitaciones	6
3. Estructura de la Investigación	7
3.1 Campo de estudio	8
3.2 Espacio temporal	10
3.3 Objetivos de la investigación	11
3.3.1 Objetivo General	11
3.3.2 Objetivos Específicos	11
4. Marco teórico	12
5. Planteamiento del problema	13
5.1 Variables y relación funcional	16
5.2 Especificación del problema	18
5.2.1 Problema Central	20
5.2.2 Problemas Específicos	21
6. Planteamiento de la hipótesis	22
7. Metodología de la investigación	23
SEGUNDA PARTE: DIAGNOSTICO DEL TEMA	
CAPITULO I	
1. Análisis de las características actuales	25
2. Análisis del caso base	30
2.1 Proceso de producción	34
2.2 El producto	39
3. El Proyecto caso base	40
4. La producción de wolfram	46

TERCERA PARTE: MODELOS MATEMATICOS

CAPITULO II: MODELO MATEMATICO DE RIESGO

1. Elementos formales del modelo	51
2. Descripción del modelo matemático	59
3. El proyecto	61
3.1 Evaluación del proyecto	63
3.1.1 Criterios para la evaluación de proyectos	66
Valor Actual Neto	
Tasa Interna de Retorno	
4. Evaluación de inversiones y riesgo	70
4.1 Análisis de riesgo	73
4.1.1 El modelo matemático	74
4.1.2 Análisis de sensibilidad	75
4.1.3 Distribución de probabilidades y asignación de rangos	77
4.1.4 Análisis de correlación	81
4.1.5 El proceso de simulación	82
4.1.6 El método de Montecarlo	84
4.1.7 Análisis de resultados	89
4.2 La medición del riesgo	97
4.3 La internalización del riesgo en el flujo de caja del proyecto	103
Costo de Capital	
Prima por Riesgo	

CAPITULO III: LA FUNCION DE UTILIDAD

La función de utilidad	114
1. La función de utilidad de Newman - Morgenstern	116
1.1 Análisis de resultados	124
Utilidad esperada	
Actitud frente al riesgo	
2. Conclusiones de la función de utilidad	128

CUARTA PARTE: CONCLUSIONES

CAPITULO IV: EVALUACION DEL MODELO Y CONCLUSIONES

Evaluación del Modelo y Conclusiones	131
1. Verificación de la Hipótesis	132
2. Conclusiones	134
3. Recomendaciones	138
Sugerencias de Temas de Investigación Derivados de la Tesis	140

BIBLIOGRAFIA

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

Cuadro	1.1. Bolivia: Producción de Minerales	47
Cuadro	1.2. Bolivia: Producción de Wolfram	48
Cuadro	1.3 Evolución de Precios de Exportación del Wolfram	49
Cuadro	2.1 Análisis de Sensibilidad del Precio de Exportación	77
Cuadro	2.2 Asignación de Rangos a las variaciones del precio	80
Cuadro	2.3 Resultados de la Simulación de Montecarlo	88
Cuadro	2.4 Obtención de las Probabilidades de Montecarlo	89
Cuadro	2.5 Calculo del Valor Esperado	99
Cuadro	2.6 Calculo de la Desviación Estándar	100
Cuadro	2.7 Coeficiente de Variación y Costo de Capital	108
Cuadro	2.8 Valor Esperado y Valor Actual Neto	110
Cuadro	2.9 Calculo del Nuevo Costo de Capital	101
Cuadro	3.1 Valor Actual Neto y Probabilidad Montecarlo	121
Cuadro	3.2 Valores de Utilidad de la Función Newman – Morgenstern	114
Cuadro A.	1.1 Indice de Cantidad de la Minería Según Sector	A – 1
Cuadro A	1.2 Indice de Cantidad de la Minería Según Mineral	A – 1
Cuadro A	1.3 Consumo Mundial de Wolfram	A – 1
Cuadro A	1.4 Bolivia: P. I. B. por Actividad Económica (%)	A – 1
Cuadro A	1.5 Bolivia: Estructura Porcentual de las Exportaciones	A – 1
Cuadro A	1.6 Producción Mundial de Wolfram (%)	A – 1
	América: Producción de Wolfram (%)	
Cuadro A	1.7 Bolivia: Exportación de Wolfram Según Destino (%)	A – 1
Cuadro A	2.1 Flujo de Caja Proyectado E.M.S.J.B.	A – 2
Cuadro A	2.2 Simulación Montecarlo (100 corridas)	A – 2
Cuadro A	2.3 Estimación de Parámetros Ecuación del Costo de Capital	A – 2
Cuadro A	2.4 Determinación del tamaño de la muestra para la Simulación Monte Carlo	A – 2
Cuadro A	2.5 Test Chi cuadrado del ajuste de la distribución Normal a la distribución de probabilidades del VAN	A – 2

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico	1.1	Bolivia: Indice de Cantidad de la Minería por Subsector	29
Gráfico	1.2	Estructura Porcentual de la Producción Minera Boliviana	30
Gráfico	1.3	Evolución de Precios de Wolfram	49
Gráfico	2.1	Distribución de Probabilidades Montecarlo del V.A.N.	90
Gráfico	2.2	Función de Probabilidad Acumulada del V.A.N.	91
Gráfico	2.3	Criterios de Decisión de Inversión	94
Gráfico	3.1	Función N – M: Aversión al Riesgo	124
Gráfico	3.2	Función N – M: Indiferencia al Riesgo	125
Gráfico	3.3	Función N – M: Aprehensión al Riesgo	126
Gráfico	3.4	Función N – M: Caso Base	126
Figura	1.1	Proceso de Producción: Recepción – Trituración	37
Figura	1.2	Proceso de Producción: Concentración Gravimetrica	37
Figura	1.3	Proceso de Producción: Concentración en mesas	38
Figura	1.4	Proceso de Producción: Celdas de Flotación	38
Fotos.	1.1	Ubicación Mina Pueblo Viejo	32
Plano	1.1	Plano de Ubicación Mina Pueblo Viejo	33

INDICE DE ECUACIONES

Valor Cronológico del Dinero	66
Valor Actual Neto	68
Tasa Interna de Retorno	69
Modelo Matemático de Riesgo para el Caso Base	74
Desviación Estándar	97
Valor Esperado	98
Coefficiente de Variación	102
Costo de Capital	106
Estimación de la Ecuación de Costo de Capital	107
Costo de Capital Revisado	108
Variación del Costo de la Empresa	111
Valor Actual Neto Revisado	111
Prima por Riesgo	112
Utilidad Esperada (Función Newman – Morgenstern)	119
Valor de las Probabilidades Asociadas con la Función de Utilidad N – M	120
Utilidad Esperada del Caso Base	123

Dedicatoria

A Rene y Esperanza, mis padres quienes han forjado mis pasos y acompañado con su esfuerzo y aliento cada uno de los peldaños que conlleva mi vida

A Ingrid, Randy y Johann mis hermanos quienes representan la fortaleza y la causa para seguir adelante en este camino

A Hilda, quien ha visto crecer mis pasos y que día a día ha mantenido su confianza en mi persona

A Magdalena, mi compañera, por estar a mi lado y compartir este esfuerzo, apoyando y alentando cada momento la culminación de esta tarea

A Victor Hugo, Tanya Isabel, Nelvy, Arturo y Angel, amigos que han acompañado cada etapa de mi vida brindadome su apoyo en todo momento

Agradecimientos

A Dios por brindarme a todos los seres sin cuya participación no podría estar escribiendo estas líneas

Al Ing. Mariano Saucedo quien ha brindado su tiempo y esfuerzo para llevar adelante esta investigación y por haber acompañado mi formación

A mi tribunal

Ing. Alberto Requena por su cooperación y valiosos consejos para el desarrollo no sólo de la investigación, sino de toda mi formación. A la Lic. Arminda Pacheco, al Lic Jaime Agramont, el Lic. Fernando Rivero quienes han brindado sus conocimientos a fin de enriquecer el contenido de la Tesis

A la Empresa Minera San Jose de Berque, por su cooperación incondicional sin cuya ayuda la investigación no hubiese sido posible

Gracias.....

PRIMERA PARTE

PRESENTACIÓN DEL TEMA

Resumen de la tesis de grado

FORMULACION DE UN MODELO MATEMÁTICO “OPTIMIZACION DE UTILIZADES EN INVERSIONES DE RIESGO”

Postulante: Jorge Luis Medrano Llano
Tutor: Ing. MSC. Mariano Saucedo E.

La tesis plantea un enfoque complementario a la teoría del riesgo, plasmando una serie de elementos teóricos y prácticos para evaluar el impacto de este factor e internalizarlo en el proceso de evaluación de proyectos de manera que se pueda escoger una decisión óptima respecto a la previsión de las fluctuaciones de ciertas variables en el tiempo que afectan en un grado importante a los retornos de una inversión que se traducen en variaciones de los flujos de caja.

La presente investigación tiene dos componentes fundamentales, por una parte un análisis de riesgo, en función a las variables más sensibles del flujo de caja, como determinantes de las variaciones de los indicadores de evaluación (TIR y VAN); y por otra la formulación de una función de utilidades bajo un escenario riesgo.

Se utiliza la construcción de un modelo matemático para explicar el fenómeno de estudio estructurado sobre: el análisis cuantitativo del caso base; el análisis de riesgo donde se presenta la especificación de las variables riesgosas, la simulación Monte Carlo a fin de evaluar los efectos en los indicadores de Rentabilidad y los efectos de las variaciones de los indicadores de rentabilidad y la especificación de una Función de Utilidad, en situaciones de Riesgo.

De este modo el análisis del riesgo en cuanto a la internalización de este en el flujo de caja y la evaluación en una función de utilidad con el apoyo del método probabilístico, es una metodología que facilita las pruebas obteniendo una eficiente gestión del riesgo.

INTRODUCCION

El conjunto de actividades cotidianas de los diversos agentes económicos involucra una serie de riesgos de diversas causas y naturaleza más aún cuando se tratan de analizar eventos futuros, en lo que respecta horizonte de una inversión es un hecho la existencia de una serie de factores exógenos que condicionan e influyen en el resultado de la misma, ya que la dinámica del sistema económico actual esta conformada por un conjunto de movimientos y cambios que conducen a una diversidad de interrogantes y situaciones al momento de tomar una decisión así la presente investigación, surge como consecuencia de este análisis en el marco de lo que constituye la disciplina de la evaluación de proyectos de inversión.

En este entendido se plantea un enfoque complementario a la teoría del riesgo, que ha venido ganando vital importancia en las ultimas décadas, plasmando una serie de elementos teóricos y prácticos con la finalidad de evaluar el impacto de este factor e internalizarlo en el proceso de evaluación de proyectos de manera que se pueda escoger una decisión óptima respecto a la previsión de las fluctuaciones de ciertas variables en el tiempo que afectan en un grado importante a los retornos de una inversión que se traducen en variaciones de los flujos de caja.

Bajo estos aspectos generales se estructura, la investigación sobre el análisis de un caso base en particular para posteriormente generalizar este enfoque en lo que compete a la disciplina de la evaluación de proyectos, tomando como marco los métodos cuantitativos de decisión, desarrollados por la investigación de operaciones y la teoría de muestreo y probabilidades.

El caso base esta constituido por un proyecto minero, la elección del sector se debe a que este presente un mayor riesgo, comparativo con los demás sectores, en lo que respecta a una inversión, dadas las constantes fluctuaciones de los precios en los mercados internacionales, por otra parte a pesar de haber perdido peso en la estructura de las variables macroeconómicas del país el sector aún mantiene representatividad en la balanza comercial y por tanto en la estructura del Producto Interno Bruto.

Los niveles de inversión, que demanda, nuestra economía en general y que afecta a determinados sectores como el minero y el industrial en particular, implican que nuestra economía requiera determinados elementos que garanticen el retorno de tales inversiones, desafortunadamente el riesgo que entrañan estos sectores es muy alto por lo que la inversión es muy escasa, en comparación con otros países de la región. Este fenómeno obliga a pensar en una falta de previsión acerca de las dificultades que entraña la maduración de un proyecto en el tiempo, ocasionada por diversas razones,

siendo quizás una de las más importantes la dependencia de nuestros productos en los mercados internacionales hecho que se refleja en la determinación de los precios a los que deben ajustarse nuestros productos, esta variable más adelante será el principal factor de riesgo a ser estudiado en la presente investigación.

Bajo estos elementos la investigación expuesta, parte de un flujo de caja analizando la incidencia de las fluctuaciones de las variables que componen dicho flujo en cuanto al efecto que generan sobre el retorno de la inversión, siendo la variable que mayor riesgo concentra la cotización internacional de los minerales, dado que esta no es una variable controlable por las características de la inversión. Por esto se hace necesario un enfoque que permita valorar estas fluctuaciones a fin de establecer una suerte de previsión y evitar consecuencias financieras representativas en el retorno y la utilidad de la inversión. En este marco, el tema de investigación, descansa sobre 2 pilares fundamentales, que son:

Primero.- La delimitación de un enfoque que permite determinar las variables de riesgo en un flujo de caja determinando un costo de capital que internaliza el efecto de las fluctuaciones mediante la construcción de un modelo matemático estructurado a partir de un análisis de riesgo y un proceso de simulación, en el capítulo II.

Segundo.- La determinación de una función de utilidad, que involucra el riesgo, que proporciona la información necesaria para el proceso de toma de decisiones, mostrando el mejor retorno para el inversionista valorando los diversos escenarios mediante la función de probabilidad obtenida por el proceso de simulación, a través de la teoría desarrollada por Von Newman y Morgentern, que mostrará la actitud que tomará el inversionista respecto a las situaciones riesgosas que se generan en el flujo de caja de la inversión.

PRESENTACION

1. PROPOSITO DE LA INVESTIGACION

El modelo desarrollado, agrega diversos elementos constituyentes de la teoría del riesgo, con la finalidad de proporcionar al inversionista una metodología que le permita decidir respecto a la rentabilidad de una inversión, particularmente en cuanto al efecto de aquellas variables financieras que afectan directamente al flujo de caja.

2. ALCANCES Y LIMITACIONES DEL MODELO

Hablar de riesgo, implica una diversidad de situaciones y escenarios puesto que existen riesgos de diversa naturaleza que afectan a la viabilidad de una inversión, por lo que plantear un modelo general representa un estudio muy complejo pues el tratar de cuantificar, medir y analizar todos los riesgos que rodean a un proyecto de inversión es una tarea que demanda otro tipo de modelos, adecuados a cada fenómeno específico, en tal sentido el modelo propuesto analiza el comportamiento de aquellas variables que generan un riesgo de naturaleza comercial¹ (según la definición de Monteil: precios, impuestos, costos de producción, etc.) o los riesgos inherentes a las fluctuaciones de las variables componentes del flujo de caja de una inversión.

Ventajas.

- El modelo planteado es de fácil manejo y permite al inversionista, tener un panorama más amplio de decisión con respecto a las probables fluctuaciones de las variables componentes del flujo de caja.
- El modelo es un complemento a los instrumentos de evaluación de proyectos de inversión. Al identificar explícitamente las variables de alto riesgo permite en un grado muy alto identificar el efecto financiero de estas variables y en un cierto modo preveer dicho efecto, en el retorno de la inversión internalizando el riesgo en los indicadores de evaluación.

Limitaciones

- Dado que el concepto de riesgo entraña una diversidad de situaciones, el modelo centra su ámbito de aplicación sólo en los riesgos de naturaleza comercial que son los que trata el análisis económico, no se trata los riesgos industriales ya que estos obedecen a elementos de tratamiento contable y tampoco el modelo alcanza el riesgo social ya que este análisis es por sí mismo complejo cuando se intenta tratarlo bajo elementos cuantitativos, por lo que se requiere otro tipo de análisis.

¹ MONTEIL J. "Métodos Cuantitativos al Servicio de la Empresa". 1era. Ed. Pg. 85

- El modelo se sustenta en una serie de axiomas y elementos de probabilidad, que marcan la diferencia entre la certeza y el riesgo, por lo que su funcionalidad y éxito depende de una adecuada especificación de las probabilidades de ocurrencia acerca de las fluctuaciones de las variables riesgosas pues en definitiva el modelo será representativo en la medida en que se defina esta probabilidad una mala definición generara malos resultados, dado que estas probabilidades pueden ocurrir con un cierto grado de confianza.

3. ESTRUCTURA DE LA INVESTIGACION

La investigación planteada, presenta una metodología, para incorporar el factor riesgo en el proceso de evaluación de una inversión, de tal modo que se estructura un modelo matemático, uniendo diversos enfoques acerca del tratamiento de las variables riesgosas en un flujo de caja, utilizando las herramientas que proporcionan diversas rama de aplicación de la ciencia económica como son: la contabilidad, la investigación de operaciones, la estadística probabilidades y muestreo y la preparación y evaluación de proyectos, en el marco de lo que representa la toma de decisiones.

Así el tema parte del análisis de un caso base que es el flujo de caja de una empresa boliviana, sobre el cual se efectúa el análisis de riesgo planteado por Savvakis y Savvides para posteriormente internalizar el riesgo

cuantificado mediante el desarrollo del modelo del costo de capital y el modelo inversión precio. Sobre estos resultados se plantea un enfoque para el probable comportamiento del inversionista frente a los escenarios riesgosos que presentan las fluctuaciones de ciertas variables componentes del flujo de caja, dicho enfoque descansa sobre la determinación de la función de utilidad de Newman Morgenstern.

3.1 CAMPO DE ESTUDIO

El ámbito de investigación, se concentra en el sector minero, debido a que el mismo dentro de la economía boliviana, presenta un riesgo elevado en cuanto a las inversiones se refiere y al mismo tiempo porque mantiene una estructura porcentual considerable en lo que respecta a su contribución al Producto Interno Bruto, por otra parte es uno de los sectores más vulnerables en lo que concierne a la dependencia con respecto a los mercados internacionales, tanto en la demanda como en la comercialización, por lo que presenta un comportamiento cíclico en cuanto a sus utilidades.

Para el presente estudio se toma como caso base de estudio la Empresa Minera San José de Berque, que opera los centros mineros de Pueblo Viejo y Mina Argentina de la parte sur del país, Túpiza – Potosí, y se dedica fundamentalmente a la explotación minera de yacimientos zínquíferos, plumbíferos y wolframíferos.

Actualmente su mayor centro de producción se encuentra en la mina Pueblo Viejo, que concentra alrededor del 50% de la producción nacional de wolfram hecho por el que se ha tomado el flujo de caja desarrollado para la explotación de este centro minero en 1990, modificado según la variación de precios entre 1996 y 1998, en pos de un nuevo flujo de caja, que se encuentra en la actualidad como una propuesta para diversificar la producción y expandir las operaciones a otros centros mineros.

La razón para el análisis de este flujo de caja, radica en el hecho de que el mismo ha sufrido modificaciones debido a la variación de los precios internacionales de los minerales, ocasionando descensos considerables en el retorno de la Empresa. Por otra parte el objetivo del trabajo es presentar un modelo matemático, por lo que el flujo se toma como un marco referencial para determinar la funcionalidad del modelo planteado en lo que se refiere a las fluctuaciones de ciertas variables que elevan el grado de riesgo en la utilidad de la Empresa y por tanto en el retorno de la inversión. En la misma línea, el flujo de caja, expuesto comprende un período de 15 años, por lo que es posible desarrollar sobre el mismo un análisis histórico de las variables que interesan a la investigación, en pos de poder desarrollar un análisis más completo sobre la determinación de las probabilidades de ocurrencia de las fluctuaciones analizadas, que son la base de la presente investigación.

3.2 ESPACIO TEMPORAL

El espacio temporal que se analiza, abarca el período comprendido entre 1990 y 1999 como referencia histórica en función al flujo de caja y los años restantes del proyecto desarrollado como pronóstico de resultados también sobre el flujo de caja caso base. Este período histórico constituye un giro contundente para la economía ya que a partir de la instauración del programa de ajuste estructural, al buscar la reactivación y estabilización de la economía, tras los procesos inflacionarios de años anteriores, la estructura económica nacional se basa ahora en modelos de una apertura gradual de mercado, en los que la Empresa Privada, empieza a ser el agente dinámico de la economía.

Sin embargo, la política de apertura internacional y desregulación del Estado conjuntamente el rezago del período de crisis, significó prácticamente el colapso para muchos de las Empresas Productivas, por lo que el umbral del riesgo en las inversiones, sobretodo extractivas – mineras de la economía boliviana, adquirió niveles elevados de significación, así en este nuevo marco de transformación nacional, el sector minero es uno de los más afectados, con implicaciones económicas y sociales de gran magnitud.

3.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACION:

3.3.1 OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de la investigación es: Estudiar, analizar, interpretar y especificar las características generales de una función de utilidad en términos de la actitud de la Inversión frente a escenarios riesgosos, de naturaleza comercial componentes del flujo de caja, que afectan la funcionalidad y retorno de la inversión.

Esta función permite analizar la actitud racional que deberá enfrentar, el inversionista, en términos de la aplicabilidad en el caso base (Empresa San José de Berque), a fin de prever las variaciones en términos de utilidad, frente a las externalidades de las fluctuaciones de las variables de alto riesgo. Sobre este análisis mediante un razonamiento inductivo, se pretende sentar las bases para la incorporación de un completo análisis de riesgo en lo que a la preparación y evaluación de proyectos se refiere.

3.3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Analizar el desarrollo y comportamiento del caso base de estudio, respecto de la variabilidad en sus indicadores de rentabilidad, identificado las variables sensibles (de alto riesgo) y formular un modelo matemático que optimice las utilidades incorporando dichas variables.

- Plantear un conjunto de axiomas, acerca del comportamiento racional, en cuanto a la toma de decisiones en condiciones de riesgo, a través de la observación y análisis del caso base.

4. MARCO TEORICO

El armazón teórico del tema, se sustenta en el principio de la maximización de utilidades y la teoría del riesgo. Siendo el desarrollo de las diversas teorías y metodología de los modelos económicos - matemáticos, para tratar el riesgo, la estructura sobre la cual descansa la investigación. “Los agentes económicos constantemente se encuentran tomando decisiones, las cuales serían relativamente sencillas en mercados con certidumbre, por ejemplo si se conocen los precios presentes y futuros de un determinado bien, pero la realidad es muy diferente, la evolución de precios y de otras variables en el futuro constituyen un riesgo que no debe ser ignorado, por este hecho, la literatura económica ha ido introduciendo la teoría del riesgo, con el objeto de analizar el comportamiento de dichos agentes bajo un ambiente de incertidumbre”²

² MANSFIELD EDWIN. “*Microeconomía*”

La actividad económica en general genera riesgos, por lo que los agentes económicos están en un cierto modo de mayor o menor grado vinculados con un escenario riesgoso, siendo el agente central de estos el empresario capitalista por lo que “el beneficio de capital, será, por tanto la contrapartida de los riesgos soportados por el empresario y no una simple contrapartida actuarial, sino algo más y de mayor amplitud.

En este sentido los agentes económicos en la mayor parte de los casos deben enfrentarse a situaciones que no son tangibles y definidas, por lo que deben recurrir a lo que son los “mercados de seguros, la diversificación de portafolios y los mercados futuros a fin de disipar algunos riesgos indeseados”.³ Así la teoría de decisiones admite que el factor de seguridad es un bien escaso, por lo que la mayoría de los agentes económicos deben enfrentarse a situaciones de riesgo, que en un sentido amplio es entendido como “las variaciones de los valores reales con respecto a los valores promedio o esperados debidas a causas aleatorias”⁴, así una mayor variación implica un riesgo mayor.

³ LE ROY MILLER – MEINERS. *Microeconomía*. 3era. Ed. Pg 223.

⁴ CANADA JHON – DE GARMO. *Ingeniería Económica*. 1era. Ed. Pg. 293.

Bajo esta óptica, el riesgo representa una cierta esperanza matemática cubierta por un beneficio de capital⁵. En este plano se distinguen dos grandes ramas o categorías de riesgo: los comerciales y los industriales. El análisis económico, trata el comportamiento del riesgo comercial, o simplemente riesgo, así Keynes bajo lo que se denomina demanda efectiva, que es la demanda esperada por el inversionista, admite pues que existe un sesgo entre lo esperado y lo real, que es la causa del riesgo. En el funcionamiento empresarial este comportamiento se manifiesta en diversas instancias operativas, por lo que el inversionista se encuentra frente a una serie de riesgos. En términos de racionalidad el agente económico está dispuesto a efectuar pagos a fin de minimizar dichos riesgos.

“La teoría de decisiones tiene que ver con la selección de una alternativa en un conjunto de alternativas (acciones o estrategias) como un intento para proporcionar estructura y racionalidad a las decisiones, si conociera el pago asociado con cada acción simplemente elegiría la que tuviera el mayor pago; sin embargo la mayoría de las situaciones se caracterizan por contener sistemas de información incompleta de modo tal que las decisiones se hacen sobre pagos que se especifican bajo diversas condiciones (estados de la naturaleza)”.⁶

⁵ MONTEIL J. *“Métodos Cuantitativos al Servicio de la Empresa”* 1era. Ed. Pg. 85.

⁶ MOSKOWITZ. *“Investigación de Operaciones”*.

El profesor Herbert Moskowitz identifica dos problemas básicos a los que debe enfrentarse el tomador de decisiones:

- Cómo cuantificar o medir su utilidad para varios pagos.
- Cómo cuantificar sus juicios relativos o la probabilidad de ocurrencia de cada evento posible.

La elección de una acción óptima se determina eligiendo la acción que posea la utilidad esperada más alta.⁷ La teoría de la utilidad, así explicada, proporciona un modelo matemático que describe el comportamiento de un “decisor racional” en un escenario de riesgo en cuanto a la selección de alternativas de decisión.⁸

En este entendido la teoría económica a través de la instrumentación de modelos cuantitativos de decisión que actúan conjuntamente los elementos de la evaluación de proyectos y procedimientos de muestreo y diseño experimental, proporciona los elementos necesarios para la consistencia del modelo de una función de utilidad, en escenarios de riesgo, que permite la valoración acerca del probable éxito o fracaso de un proyecto de inversión.

⁷ La utilidad esperada es el producto de los valores observados por la probabilidad de ocurrencia.

⁸ PRAWDA, JUAN. “*Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*”

5. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

5.1 VARIABLES Y RELACIÓN FUNCIONAL

La presente investigación tiene dos componentes fundamentales por una parte un análisis de riesgo, en función a las variables más sensibles del flujo de caja, como determinantes de las variaciones de los indicadores de evaluación (TIR y VAN); y por otra parte la formulación de una función de utilidades bajo un escenario riesgo dentro de la estructura de inversiones. El esquema del modelo matemático, entendido como la relación funcional algebraica para explicar el fenómeno de estudio presenta la siguiente estructura:

- Análisis Cuantitativo del Caso Base
- Análisis de Riesgo.
 - Especificación de las Variables Riesgosas.
 - Simulación Monte Carlo a fin de evaluar los efectos en los Indicadores de Rentabilidad del Proyecto (VAN, TIR).
 - Efectos de las Variaciones de los Indicadores de Rentabilidad en los Resultados (Utilidades) del Proyecto.
- Especificación de una Función de Utilidad, en situaciones de riesgo.

La construcción de este modelo, obedece al hecho de proporcionar una metodología que permita determinar el grado de riesgo que una inversión implica y la forma alternativa de tratar este riesgo frente a la actitud que pueda tomar el inversionista de acuerdo a los escenarios y variables que fluctúan y genera efectos negativos en el flujo de retornos de la inversión. De acuerdo con las características del caso base las variables de estudio, o variables de alta sensibilidad (riesgosas) en el proceso de evaluación representan:

- Las presiones de mercado en cuanto a la variaciones de la demanda y precios de exportación de los productos del caso base.
- Las presiones fiscales, cuantificadas a partir de las variaciones tributarias que afectan al caso base.
- Las presiones cambiarias, que se calculan en función al sistema cambiario de banda flotante vigentes en nuestro país.

Estas variables se toman como las componentes coyunturales del riesgo de inversión, del caso base, a partir de las cuales mediante el uso de modelos cuantitativos de decisión se determina el comportamiento que asume el inversionista frente a escenarios riesgosos. A partir de estos elementos vertidos se tiene, un esquema funcional de las variables de la investigación:

Variable Dependiente:

El retorno de la inversión explicada a partir del Valor Actual Neto, del proyecto, que es una función de los Flujos de Caja Esperados y la tasa de descuento.

Variables Independientes:

Los componentes del flujo de caja que representan un alto grado de riesgo respecto al retorno de la inversión, para el caso de análisis se estructura a partir de los precios o cotizaciones del mineral en los mercados internacionales.

Variable Moderante:

Para efectos explicativos y funcionales del modelo la variable moderante la representa la Empresa caso base, sobre el que se desarrolla la investigación.

5.2 ESPECIFICACION DEL PROBLEMA

Identificadas las variables de sustento para el problema de investigación, es preciso realizar un breve diagnóstico a fin de especificar el problema de la investigación. Un análisis del caso base, permite advertir que las variaciones de las variables identificadas como riesgosas, han provocado descensos considerables en cuanto a los márgenes de retorno de la inversión.

Tras las caídas de precios en los mercados internacionales (bolsas de Nueva York y Londres), la gran parte de las Inversiones Mineras, han sufrido grandes pérdidas financieras debido a la propia estructura productiva del país y a la falta de previsión para evitar dichas fluctuaciones, esto ha causado un efecto negativo en cuanto a los retornos de las Inversiones en este sector, que; sin embargo, mantiene representatividad en la Estructura del Producto Interno Bruto.

El mineral representa un valor ya que es un bien de uso potencial y más aún debido al avance tecnológico ya que la minería moderna a través del esfuerzo, relativo, de pocas personas permite producir miles de toneladas de mineral por día, a menudo en yacimientos de baja ley y en lugares de difícil acceso, como ocurre con la mina Pueblo Viejo, así pues la práctica de la minería moderna permite desarrollar depósitos de baja ley explotando grandes tonelajes de mineral, bajando los costos unitarios. Pero los costos de construcción para operar según este principio, aunque se trate de una mina de tamaño moderado, implican un elevado monto de inversión y los retornos quedan supeditados a las variaciones en los mercados internacionales.

Por otra parte, las inversiones mineras, sobretodo cuando se trata de estructuras productivas orientadas sólo a la explotación y no así a la transformación, como es el caso de la minería boliviana, elevan su riesgo debido a las variaciones cambiarias y al efecto de la relación de los términos de intercambio, ya que más del 85% de la producción nacional (100% del caso base) se destina al mercado externo.

Por lo tanto cuando hablamos de inversión en la minería polimetálica y en la minería masiva nos referimos a grandes montos de inversión y a márgenes elevados de riesgo, ya que se debe empezar por la inversión de prospección y de exploración a fondo perdido, pero incluso cuando se trata de inversiones que son exitosas demandan un largo período de recuperación.⁹

5.2.1 PROBLEMA CENTRAL

La determinación del efecto de las variables de riesgo en la evaluación de inversiones, en la función de utilidad y el retorno del proyecto, en forma cuantitativa de forma que se permita la optimización de las utilidades en situaciones riesgosas (como describe el análisis del caso base, mina Pueblo Viejo).

5.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.

- La no incorporación de las variables de alto riesgo en un proyecto de inversión, provoca una alta sensibilidad a las fluctuaciones de las variables exógenas no controladas por el proyecto.
- Los descensos de las utilidades o retornos de la inversión del caso base, durante su operacionalidad, provocada por las variaciones de las variables exógenas (precios, impuestos, tipo de cambio, etc.), responde a la falta de previsión de un margen de riesgo en el proceso de evaluación.

El análisis del comportamiento, de este fenómeno (problema), radica en la confiabilidad del modelo a construirse, que se sustenta en un análisis de riesgo y una función de utilidad desarrollada por la teoría microeconómica, por lo que el modelo se sustenta en una serie de axiomas que se vierten como un enfoque alternativo para estudiar una inversión de riesgo.

⁹ JORDÁN P. ROLANDO *"Perspectivas de la Nueva Minería"* Pg. 49.

6. PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS

En general se parte del supuesto, de que el inversionista y el que toma decisiones presenta una aversión al riesgo. El criterio de decisión de valor esperado monetario por lo general funciona bien cuando la decisión debe tomarse en repetidas ocasiones y los riesgos no son muy grandes lo que significa continuar operando aún si se toma la decisión incorrecta ya que el beneficio promedio en el largo plazo debería tender hacia el valor medio esperado de la acción elegida; sin embargo las personas son adversas al riesgo y desconocen la utilidad de introducir por medio de los valores monetarios, esto significa que el tomador de decisiones estará dispuesto a efectuar un pago (prima por riesgo) a fin de cubrir el monto que le significa la pérdida por no haber incorporado las variables de alto riesgo al proceso de inversiones es así que la hipótesis del presente tema de investigación se pueden estructurar de la siguiente manera:

La incorporación del factor riesgo, mediante el uso de un modelo matemático, en el proceso de evaluación de inversiones permite preveer el efecto de las fluctuaciones de las variables componentes del flujo de caja con respecto al retorno y utilidades que dichas inversiones implican.

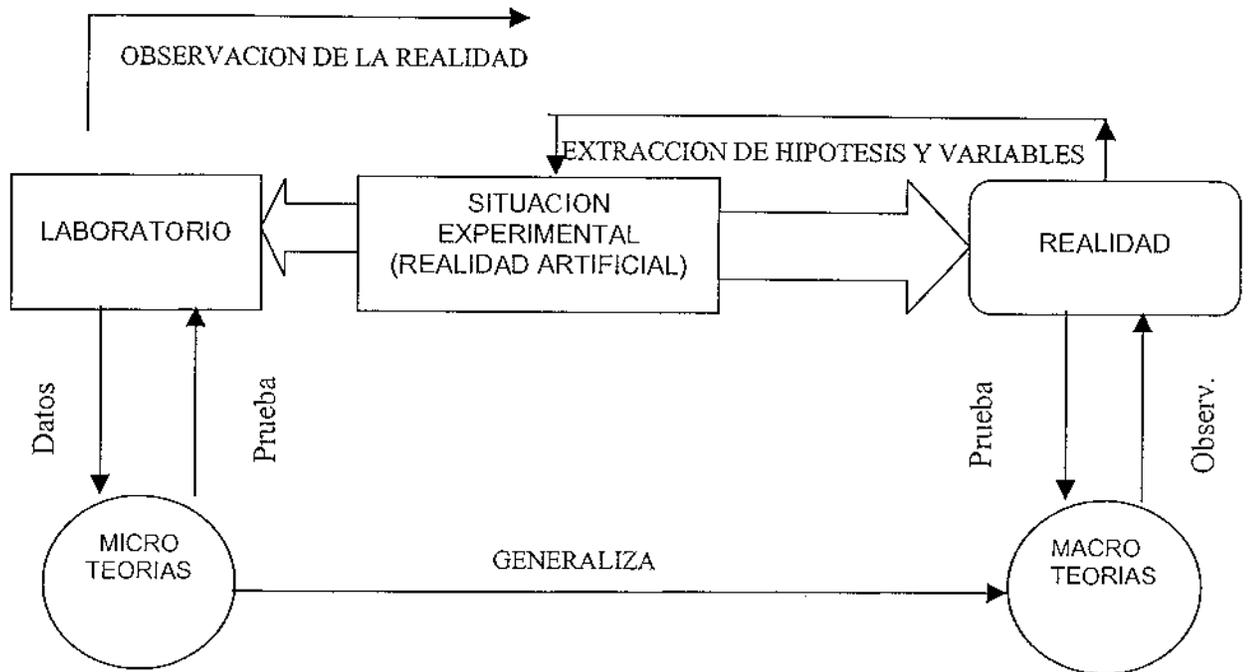
7. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION

La metodología aplicada para la elaboración del tema, se resume en el método inductivo a través del análisis del caso base (Empresa Minera San José de Berque, minas Pueblo Viejo y Argentina) mediante el estudio de las variables involucradas en el tema a partir de la observación desagregada de las variables tipificadas, a partir de los resultados del caso base se plantea un modelo general aplicado al proceso de evaluaciones en inversiones de riesgo.

El caso base representa el sustento empírico para la aplicabilidad del modelo matemático utilizando para el efecto las técnicas de pronóstico y simulación, con la finalidad de generar escenarios de investigación tendientes a validar la hipótesis planteada. La formulación matemática del modelo se sustenta en el desarrollo de modelos de investigación de operaciones, de toma de decisiones, bajo condiciones de riesgo e incertidumbre, aplicados al caso base, asimismo se recurre al uso de las técnicas de evaluación de proyectos en situaciones riesgosas frente a las fluctuaciones de las variables sensibles del caso base.

En este marco general, el proceso de la construcción del modelo se puede esquematizar de la siguiente forma:

Diagrama Esquemático de la Construcción de Modelos
(Ackoff, Rusell L – Sasieni Maurice W.)





SEGUNDA PARTE

DIAGNOSTICO DEL TEMA

CAPITULO I

DIAGNOSTICO DEL TEMA DE INVESTIGACION

1. ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS ACTUALES

Las grandes transformaciones internacionales y la creciente necesidad de superar nuestra situación de dependencia y crisis, así como la necesidad de incrementar la capacidad del país para hacer frente a los shocks externos, exigen cambios en cuanto a la política de producción, bajo la perspectiva de enfrentar una política económica fundamentada en una economía de mercado. Es así, que el actual modelo de política económica enfrenta grandes problemas que exigen actitudes orientadas a lograr un mayor crecimiento y desarrollo económico, superando grandes desafíos tales como:

- El lento ritmo de crecimiento de la producción, originada por la débil estructura productiva del país lo cual ha significado un crecimiento cíclico de las exportaciones, debido principalmente a la enorme dependencia de los precios de nuestros productos, en los mercados internacionales.

- Los elevados niveles de monoproducción de materias primas, que constituyen alrededor del 70% de nuestra oferta exportable lo cual se refleja en la extrema dependencia de las fluctuaciones de los precios internacionales.
- El deterioro de la relación de términos de intercambio, causado por la débil estructura productiva del país y la baja competitividad de los productos nacionales, frente a una desleal práctica del resto de los países con los que se mantiene comercio.
- Los constantes déficits en la balanza de pagos y fundamentalmente en la balanza comercial a consecuencia del mayor valor de las importaciones frente a las exportaciones.

Estos problemas reflejo, de las características actuales de la estructura económica del país, exigen grandes cambios, que se intentan establecer a través de una serie de reformas estructurales que se vienen dando en materia de política económica, es así que se ha manifestado una constante modificación en las tasas arancelarias, la búsqueda de un proceso dinámico de integración tales como el fortalecimiento en el “Grupo Andino”, la inserción en el “MERCOSUR”, etc. En este ámbito se aprecia

que se ha logrado de cierta manera una estabilidad relativa en cuanto al tipo de cambio que ha evitado la generación de procesos inflacionarios, así mismo la creciente tasa de importación de bienes intermedios y bienes de capital, reflejan el interés de producir que tiene el empresario boliviano.

El cambio en la inserción internacional, bajo los nuevos postulados de la CEPAL, se orienta a superar la creciente y negativa brecha comercial y la dependencia de los precios de nuestros principales artículos de exportación. El nuevo modelo parte, del creciente interés de rediseñar el régimen comercial, la política macroeconómica y la política de industrialización. En este sentido las nuevas políticas de comercio e industrialización se orientan al estímulo de la producción industrial y manufacturera que buscan incrementar la competitividad internacional y las exportaciones, sustentándose en una interacción sectorial de la producción, en la diversificación dejando atrás las estructuras monoproductoras de materias primas, con carente valor agregado.

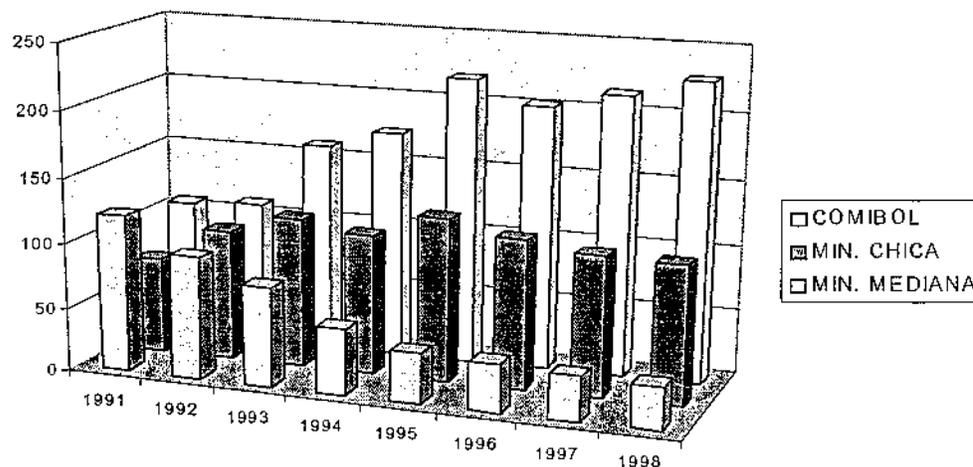
Las décadas de los ochenta y noventa, en este contexto marcan periodos de profundas reformas, en pos de un modelo tendiente a estabilizar la economía para una posterior fase de reactivación. En este sentido el país se orienta hacia una economía de mercado, es así que el año 1985 marca un cambio y un nuevo direccionamiento en la economía boliviana a partir de la implementación del Programa de Ajuste Estructural (PAE) que tiene por objeto la transformación de la estructura productiva e institucional del país, estructura en la que uno de los sectores más afectados es la minería, que ve aún más agravada su situación en 1986 tras la brusca caída del precio del estaño, mineral que representaba en ese momento el mayor sostén de la balanza comercial y del PIB puesto que significaba más del 50% de la producción total.

Bajo esta perspectiva, el sector minero debe repuntar hacia nuevos horizontes, basados en el desarrollo de la empresa privada y la diversificación de la producción, “Bolivia precisa insertarse en el mercado internacional de minerales mediante una minería masiva de bajo costo y elevada tecnología”¹

¹ JORDAN P. Rolando *Ambiente Económico y Político para las Inversiones Mineras en Bolivia.*

Según esta tendencia la década de los noventa se caracteriza por concentrar la producción en el sector privado, que en 1998, registra un índice de producción promedio 189.65 con respecto a 1990 (Cuadro Anexo 1.1), lo que demuestra un aspecto favorable para la minería nacional, de este promedio 227.2 corresponde a la minería mediana y 107.1 a la minería chica. Por otra parte al llegar a 1995 “se observa un importante cambio cualitativo, debido a que las inversiones de riesgo, prospección y exploración se incrementaron”²

Gráfico No. 1.1
BOLIVIA: EVOLUCION INDICE DE CANTIDAD
MINERIA BOLIVIANA POR SUBSECTOR

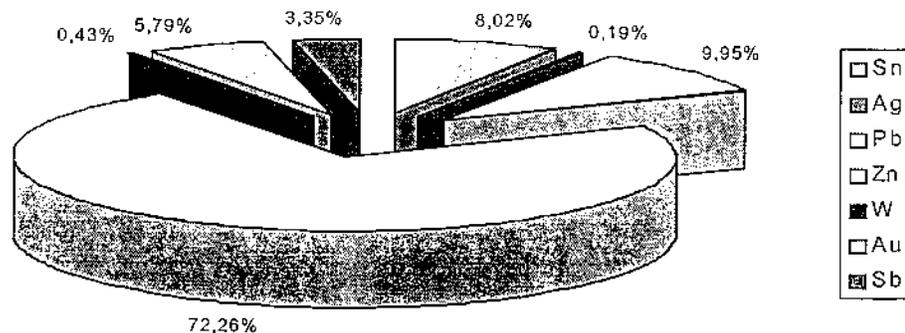


Por otra parte la producción, se concentra fundamentalmente en estaño, plomo, zinc, wolfram, plata, antimonio y oro, registrándose un índice de

² ASOCIACION NACIONAL DE MINEROS MEDIANOS. "Informe Anual" 1995.

crecimiento general de 126.9 con respecto a 1990 (Cuadro Anexo 1.2), bajo la siguiente estructura de producción.

Gráfico 1.2
ESTRUCTURA PORCENTUAL
DE LA PRODUCCION MINERA BOLIVIANA



2. ANALISIS DEL CASO BASE

La Empresa Minera San José de Berque es una empresa de minería chica, que opera en la minas Pueblo Viejo y Argentina, desde 1966. Actualmente sus actividades están concentradas sólo en Pueblo Viejo, debido a la crisis que atraviesa el sector. Pueblo Viejo es una mina que cuenta con el equipo minero, herramientas y servicios auxiliares básicos para la operación de 100 TPD (toneladas por día) efectivas.

El yacimiento es polimetálico, en el que se distingue una zonación lateral en dirección perpendicular al rumbo de los principales filones

mineralizados, centro del intrusivo³ dónde emplazan todas las estructuras mineralizadas, en dicho centro se tiene mineralización de Wolframita, WO_3 y hacia el sur y el norte mineralización de bismuto, cobre y oro

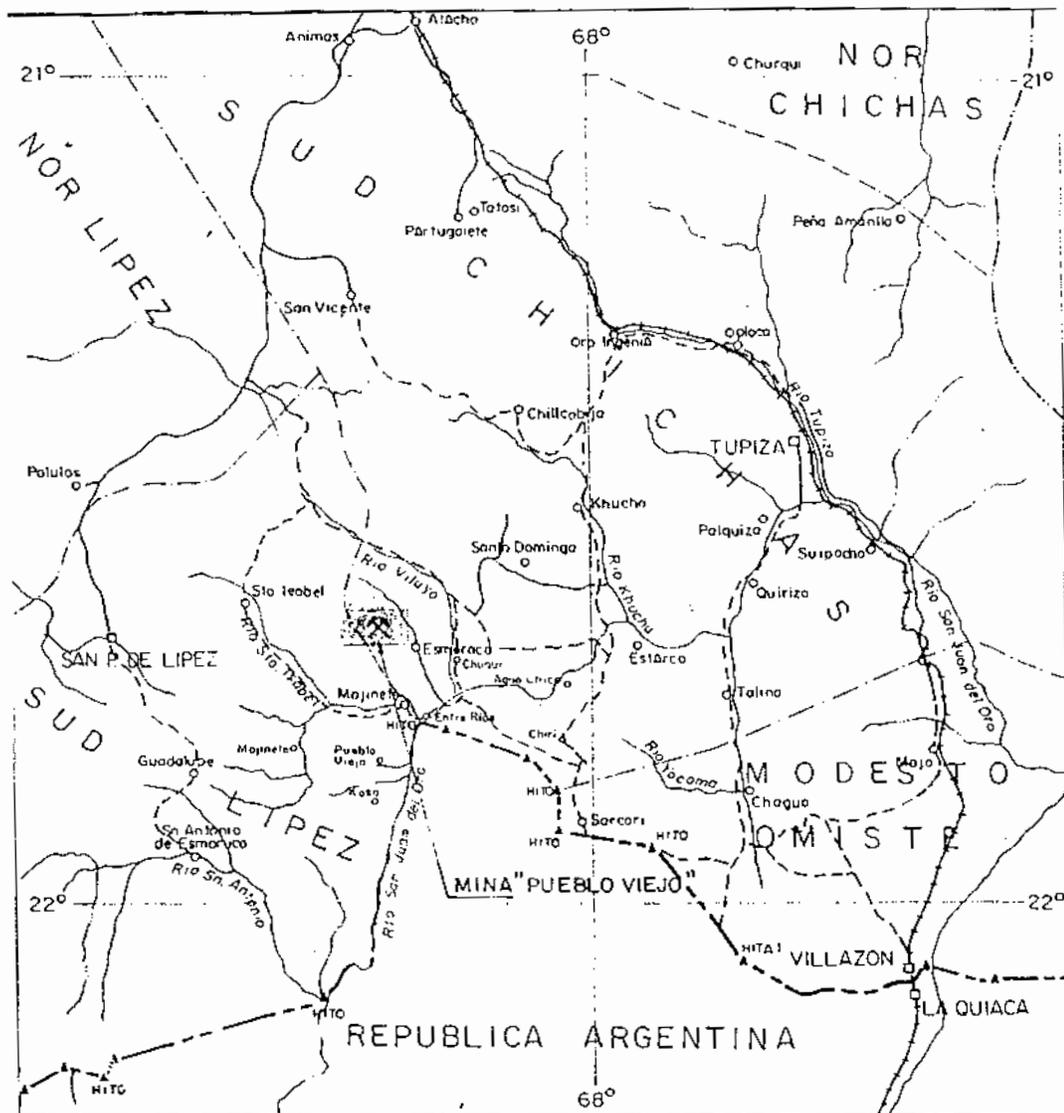
Las concesiones mineras en las que se ubica el yacimiento de Pueblo Viejo, constituyen dos grupos mineros: Pueblo Viejo y Esmoraca, que comprenden alrededor de 850 Has. Pueblo Viejo fue arrendado a la Empresa en 1966, año de inicio de operaciones, expandiéndose posteriormente hacia el cantón Esmoraca. Las propiedades mineras se encuentran localizadas en el extremo sur de la faja Antimonífera boliviana aproximadamente a 10 Km. de la frontera con Argentina, políticamente se ubican en el cantón Esmoraca de la provincia Sud Chichas del departamento de Potosí⁴ (ver plano 1.1 y fotografías 1.1).

³ Alojamiento de los magmas (masa de minerales y gases) en la corteza terrestre.

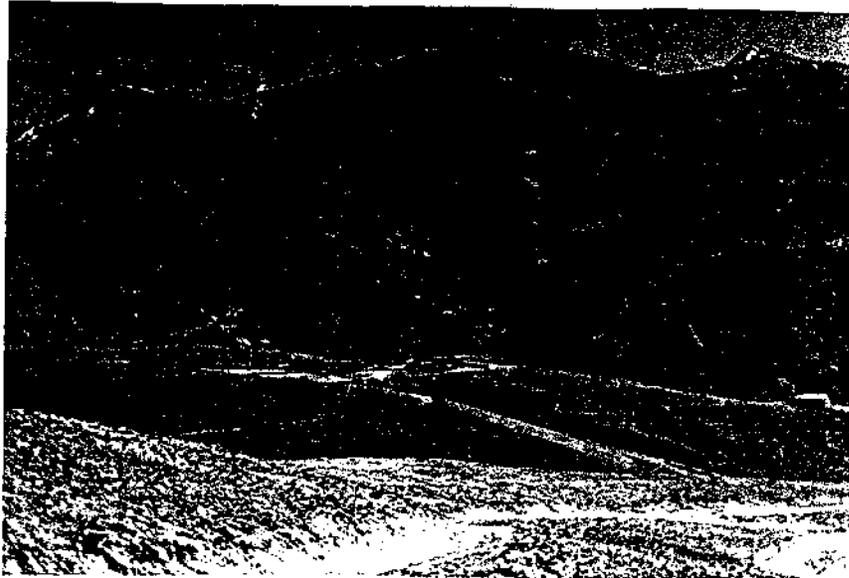
⁴ COMSAN. *Estudio geológico del yacimiento Pueblo Viejo*. 1990

PLANO 1.1

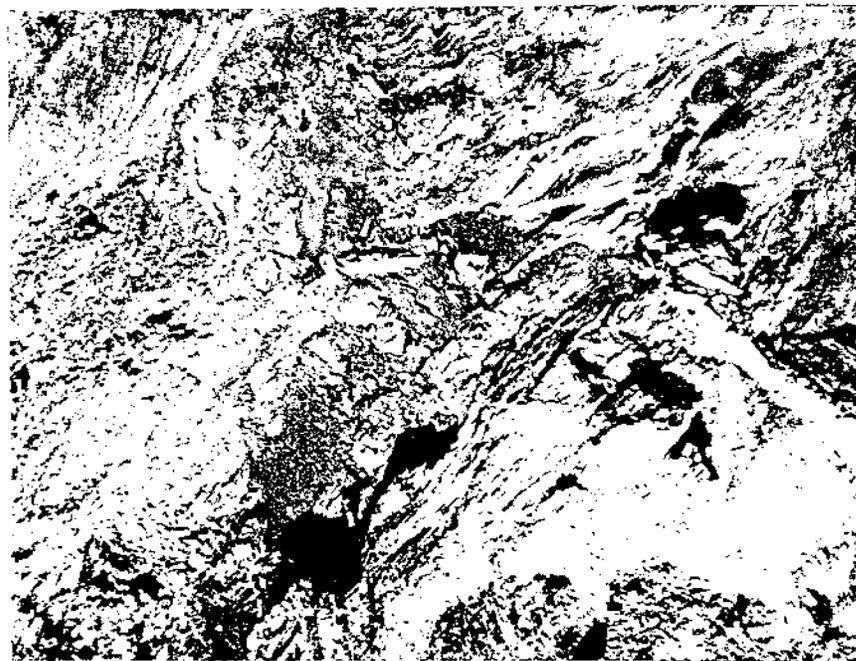
PLANO DE UBICACIÓN: MINA PUEBLO VIEJO



FOTOGRAFIAS 1.1



F.1. Vista parcial de Entrada a Esmoraca y Mina
Pueblo Viejo, Túpiza - Potosi



F. 2. Yacimiento Wolframifero, mina Pueblo Viejo

La mineralización se localiza en dos sistemas de fracturas, la extensión de la zona mineralizada con WO_3 en sentido EW alcanza a 2.000 m. El depósito es un conjunto de fracturas que conforman lazos cimoides tanto en planta como en perfil se unen y separan como ramas de árbol. Existe una zona de enriquecimiento que abarca una extensión de 350 a 360 m, en sentido EW, dónde se ubican las labores mineras de mayor rendimiento.

Pueblo Viejo, concentra su mayor producción en wolfram, en sus derivados wolframita y schelita, actualmente la producción alcanza un promedio de 40.000 Kgs, (ver flujo de caja, cuadro anexo 2.1) por mes siendo la ley aproximada del orden del 70%, de la que el 87,35% corresponde a la wolframita, el 7,14% a la schelita y el restante corresponde a la producción de hierro. La Empresa comercializa la wolframita y la schelita, ya que el proceso del ingenio permite tratar sólo estos derivados.

2.1 PROCESO DE PRODUCCIÓN.

La explotación de la mina, se realiza mediante un proceso de rajos y voladura, estratificando la mina en subniveles o galerías de producción estructuradas en función a la explotación de las vetas o rocas, en la que se encuentra el mineral, que deberán ser procesadas en un ingenio para la obtención de una ley que pueda ser comercializada en el mercado. El

ingenio de la mina Pueblo Viejo tiene una capacidad nominal de tratamiento de 100 TPD. Según las características y productos obtenidos el proceso de la planta se divide en las siguientes secciones:⁵

- I. Recepción y preparación de la carga
- II. Concentración gravimétrica gruesa – jiggs
- III. Concentración gravimétrica fina – mesas.
- IV. Flotación en mesas
- V. Flotación en celdas
- VI. Buddle

Una vez que se extrae el mineral de la mina, mediante voladuras y trabajos de explotación interior, se procede a la obtención del producto final, bajo el siguiente proceso: primero el material es transportado al ingenio mediante volquetas, la recepción se realiza en un buzón de gruesos, para efectuar el proceso de trituración, de dónde se lleva el mineral potencial a un clasificador, para formar la carga de alimentación del ingenio, hacia un buzón de finos (ver figura 1.) desde el cual la carga es enviada hacia una maquina vibradora, en la que la misma es separada en tres fracciones, con la finalidad de eliminar las impurezas (colas piritas) y obtener preconcentrados de mineral (ver figura 2).

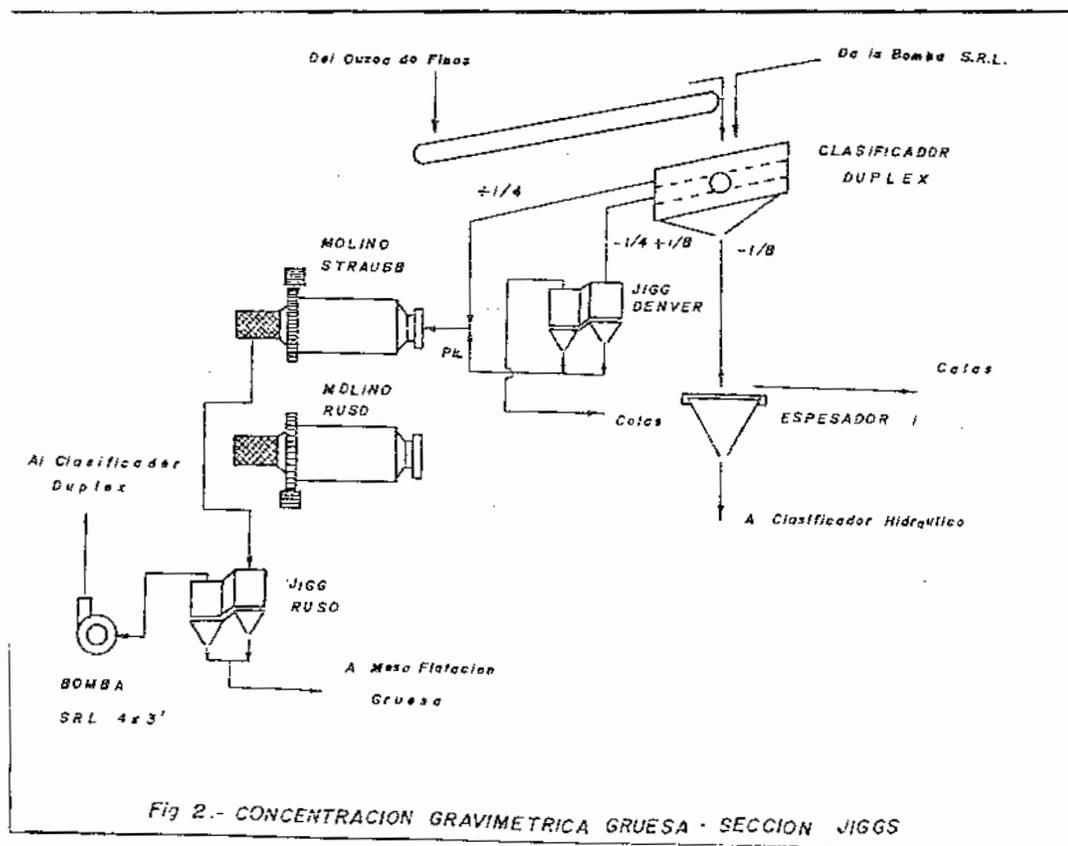
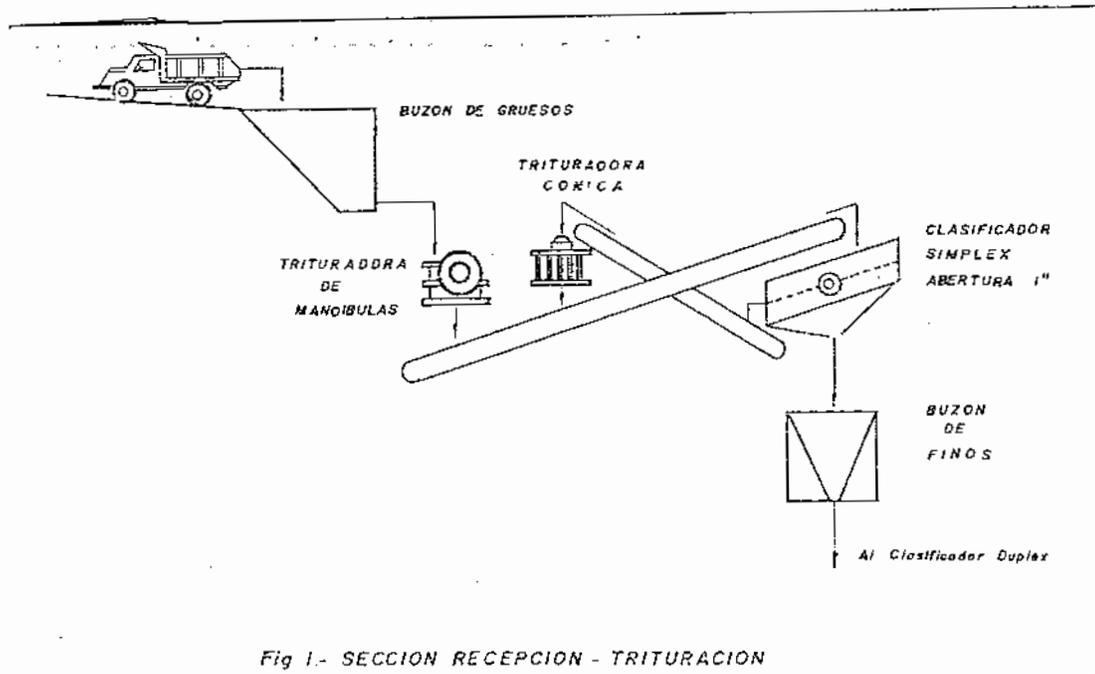
Finalizada esta labor se procede a la fase de concentración gravimétrica fina, que es el proceso en que se traslada los preconcentrados a las “mesas

⁵ SGS – BOLIVIA. *Auditoría Técnica: EMSJB. 1995*

de flotación”, en las que se efectúa el tratamiento de los concentrados que contienen un alto grado de mineral (ver figura 3).

El proceso de flotación en mesas permite la obtención de un concentrado de alta ley, ya que en este proceso se acondiciona los reactivos químicos de flotación y se procede al tratamiento mineral mediante el uso de sulfuros. Una vez concluido este proceso se procede a la siguiente fase compuesta por la flotación en celdas y el tratamiento en el buddle, que consiste en obtener o producir floats y non floats, sulfurosos, con un alto grado de wolframita.

Finalmente el producto obtenido es tratado en una mesa de refinación fina, en la que se obtiene el producto final y se eliminan las colas piritas o residuos minerales, que van hacia presas o desmontes mineralizados (ver figura 1.4), concluyendo así el proceso, que arroja un producto promedio del 70% de mineral, compuesto fundamentalmente por Wolframita (85%), Schelita (7%) y Fierro (8%), siendo el restante 30% una serie de impurezas, carentes de valor comercial.



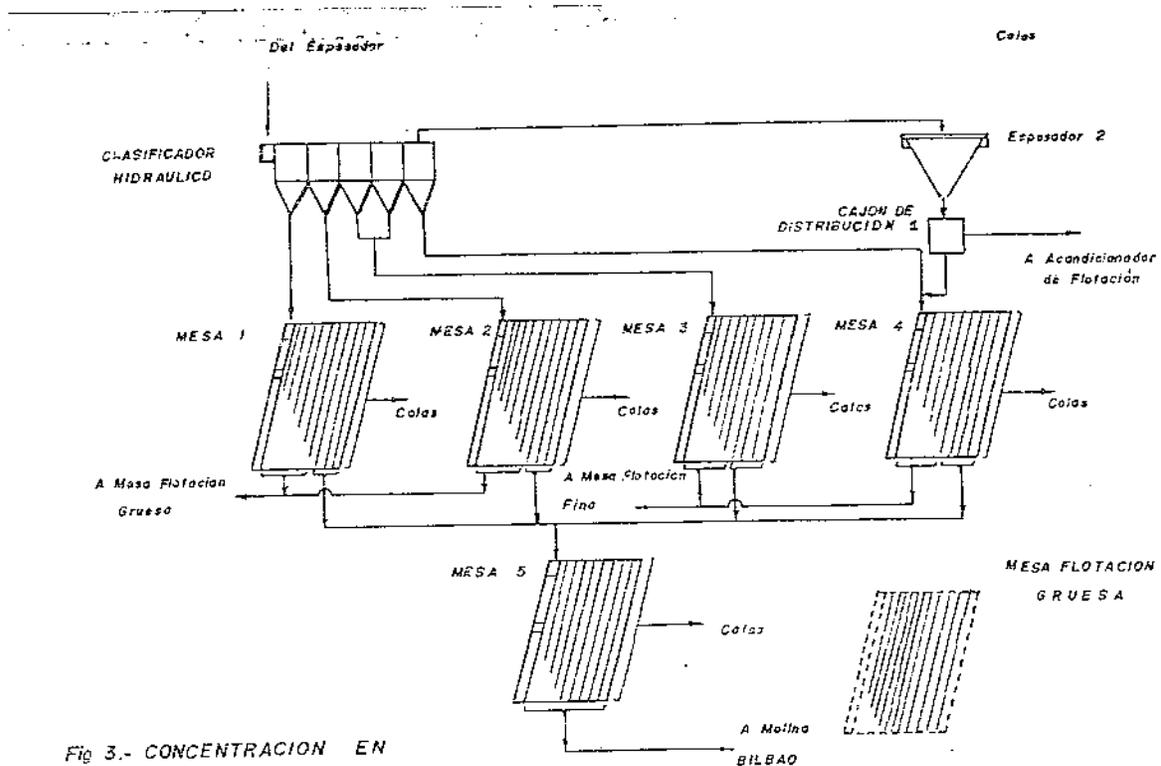


Fig 3.- CONCENTRACION EN MESAS

De Mesas 5 y Flotación Gruesa

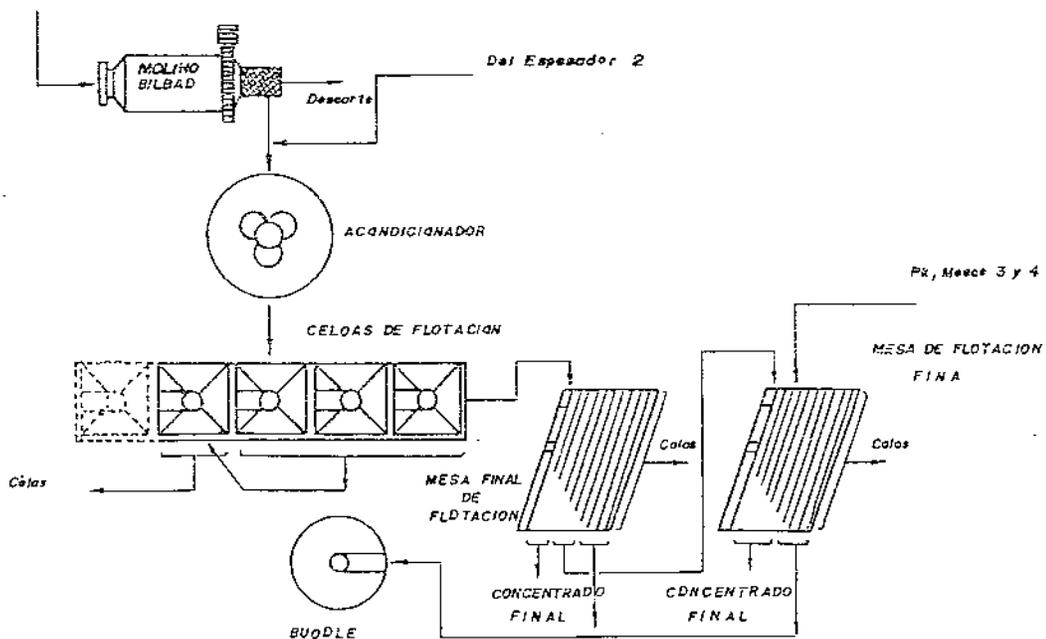


Fig 4.- SECCION CELDAS DE FLOTACION

2.2 EL PRODUCTO

Pueblo Viejo produce wolfram, en el orden del 70%, sobre la roca extraída, siendo este su principal producto de trabajo, que se deriva en forma de wolframita y schelita, la primera en el orden del 85 % y la segunda en el orden del 7%, correspondiendo lo restante a fierro.

La Wolframita WO_4 (Fe, Mn) es un mineral relativamente raro, formado a altas temperaturas, constituye en la bolsa de minerales uno de los elementos derivados del wolfram de mayor valor económico, ya que es la principal mena (derivado) de dicho mineral. Es empleada en la fabricación de metales duros, herramientas de acero de alta velocidad (por su composición ferrosa), válvulas, resortes, formones, limas, etc. Este mineral debe ser tratado mediante la “metalurgia del polvo” ya que requiere elevados puntos de fusión ($3410^{\circ}C$) lo que permite generar productos de metal puro como son los filamentos de lamparas así como también fabricación de carburos que se utilizan para herramientas de corte, barrenos para rocas y recubrimientos extremadamente duros.⁶

⁶ CORNELIUS – HURLBUT. *Manual de Mineralogía de Dana*. 2da. Ed. Pg. 401 – 403.

La Schelita ($WO_4 Ca$), se reconoce por su alto peso específico y forma de cristal, se encuentra en depósitos de contacto y filones de alta temperatura asociado a rocas graníticas, se encuentra conjuntamente la wolframita aunque en menor proporción; sin embargo su valor es mayor en la bolsa de minerales sobre todo en Estados Unidos, gracias a los beneficios que reporta ya que es de mayor consistencia que la wolframita en lo que se refiere a la fabricación de metales duros.⁷

Tanto la schelita como la wolframita, proporcionan la mayor parte de la producción mundial de wolfram, siendo los mayores mercados los de Estados Unidos y Alemania (ver cuadro anexo 1.3)

3. EL PROYECTO CASO BASE

La Empresa opera, desde 1966; al principio su producción se diversifica en plomo, plata, wolfram y zinc; sin embargo, los cambios en la minería y los avances tecnológicos obligan a efectuar procesos de reinversión que se dan a mediados de los 80's en el caso de mina Argentina y 1990, en Pueblo Viejo (proyecto que se toma en consideración para la investigación).

⁷ *Ibid.* pp 5

Los procesos de reinversión surgen a raíz de la profunda crisis que atraviesa la minería después del proceso de estabilización de 1985 tras los procesos inflacionarios y la aguda crisis de principios de los años 80, así como la apertura gradual de nuestra economía hacia un sistema de mercado, factores que determinaron la búsqueda de nuevos enfoques respecto a los procesos de inversión, como una alternativa de evitar el rezago financiero y productivo que significó la crisis económica.

En palabras del economista Rolando Jordán, en 1990 surgen las bases de lo que define como la nueva minería, que es “aquella actividad que en contextos macroeconómicos favorables y para resolver el desafío de la menor calidad del recurso y los bajos precios, atrae capitales y materializa el cambio tecnológico y de escala; en sentido contrario a la minería tradicional que es aquella actividad que teniendo limitado acceso a capital se encamina al estancamiento o colapso por una combinación de factores endógenos y exógenos, como la disminución de la calidad del recurso, el shock de los precios externos y políticas macroeconómicas inadecuadas”⁸

⁸ JORDAN, Rolando. “*El colapso de la minería tradicional y el surgimiento de la nueva minería en Bolivia*”.

En este contexto es que la minería nacional centra su mayor actividad en el sector privado, lo que obliga en cierto modo a reestructurar los planes y políticas de producción de dicho sector tanto para la minería mediana como la minería pequeña y cooperativista que comienzan a concentrar los mayores volúmenes de producción del sector minero.

De este modo se rediseñan los sistemas de explotación y se cambia el destino de la inversión, ya que en 1990 ésta se dirige hacia operaciones de mayor riesgo, pues más de un 60% se destinó a procesos de prospección y exploración en pos de incrementar las reservas y por consiguiente la producción, este hecho motivo una mayor atracción de capitales en el sector, mediante los planes de riesgo compartido Joint Venture, abriendo un umbral importante de oportunidades al sector minero, que pudo de cierta forma, hacer frente a los enormes problemas que entrañaba el cambio dirigido por los enfoque de la Nueva Política Económica, que marco el rumbo hacia una Economía de Libre Mercado. La empresa, caso base, no es la excepción de esta tendencia generalizada y en 1990 diseña un nuevo proyecto, en pos de elevar sus niveles de producción mediante procesos de exploración tendientes a incrementar las reservas minerales, dicha inversión asciende a \$us. 650.000 diseñándose un proyecto de 15 años de duración en función a las reservas calculadas.

Este proyecto concentra sus operaciones en la mina Pueblo Viejo, productora de wolfram por excelencia, por lo que el flujo de caja (ver cuadro anexo 2.1) discrimina los ingresos y egresos con respecto a dicho mineral; esta inversión además obedece al hecho de que dadas las características mineralógicas de este lugar, existen las posibilidades de una mayor explotación de wolfram, mineral que tiene una demanda importante en mercados tales como Estados Unidos y Europa, además en Bolivia no existen muchas empresas productoras tanto por la carencia de yacimientos como por falta de iniciativa empresarial por optar a productos mineros no tradicionales, es por esta razón que la Empresa concentra alrededor del 50% de la producción de wolfram a nivel nacional, siendo una de las principales productoras de este mineral.

El proyecto, opera sobre un producto neto promedio del 70%, es decir que de la roca extraída el 30% es desechado y el restante esta destinado a la comercialización, este proyecto se ajusta a un sistema de precios de banda flotante, en relación a los precios internacionales, la venta se realiza a grandes comercializadores, intermediarios, que exportan el producto final, según la cotización internacional y la ley del mineral o producto final.

Los costos del proyecto se estructuran en tres grandes grupos que son:

- Costo de Comercialización.
- Costo de Producción (Costo Variable)
- Costos Fijos.

El costo de comercialización, involucra el costo de transporte del mineral hacia Túpiza, Potosí, Oruro y La Paz, que son los lugares dónde se concentran los demandantes internos del mineral. Así mismo este costo contempla el Impuesto Complementario de la Minería y otros cargos vinculados con la ingeniería o metalurgia del mineral, es decir costos de mantenimiento para tratar la carga, repuestos y una pequeña cuenta de imprevistos (como se muestra en el flujo de caja desagregado del cuadro anexo 2.2).

El costo de producción básicamente contempla egresos en mano de obra y uso de materiales para el tratamiento y depuración de la roca extraída en mineral comercializable. Los costos fijos representan el pago del préstamo concedido para el proyecto, gastos generales (gastos administrativos), reposición del activo fijo (depreciación) y un ítem de reposición de los cargos diferidos de la inversión.

El proyecto inicial fue evaluado en 1990; mostrando una alternativa de inversión favorable puesto que ofrecía un retorno del orden del 27.%; sin embargo entre 1996 y 1998 se registro una caída del precio de los minerales en los mercados internacionales lo que provocó un movimiento en el flujo de caja, presentando una perspectiva negativa hacia una caída generalizada de los precios, lo que redujo las expectativas de retorno hacia un 19.51% en comparación con una tasa del 14% valorada, sobre una bolsa de empresas de comercialización de minerales en la bolsa de valores de Nueva York⁹ y un Valor Actual Neto de 205.535,41 \$us, reformulándose de este modo el flujo de caja, sobre el que descansa la presente investigación. Actualmente, se ha superado en cierto modo la caída de los precios con un ligero repunte que sin embargo no es comparable con la situación de principios de la operación del proyecto. Es sobre estas líneas generales del proyecto analizado que se efectúa el estudio de riesgo y utilidad, para este caso base, con la finalidad de generalizar un modelo que permita en cierto modo internalizar el riesgo y mostrar las expectativas de utilidad a fin de coadyuvar al inversionista en el proceso de toma de decisiones.

⁹ Memoria Anual 1992. E.M.S.J.B.

4. LA PRODUCCION DE WOLFRAM

En el marco de la producción nacional minera, existen tres sectores que sustentan esta actividad, que son: la COMIBOL, la minería mediana y la minería chica, siendo en los últimos años los sectores privados los que concentran el mayor nivel de producción y por tanto de exportación. La actividad minera en nuestro país es diversa sin embargo existen, como se indicó anteriormente, minerales que concentran en un mayor grado la producción nacional, dichos minerales son: estaño, plomo, zinc, wolfram, plata, antimonio y oro. En la estructura del PIB, el sector primario extractivo en el que se encuentra la actividad minera, representa alrededor de un 10% (tendencia generalizada desde 1985, tras la caída de los precios internacionales, ver cuadro anexo 1.4). En cuanto al volumen de exportaciones en términos de valor la minería representa alrededor del 35% siendo uno de los principales sostenes de la balanza comercial de nuestro país (ver cuadro anexo 1.5)

Respecto a la producción de Wolfram, Bolivia aporta aproximadamente el 2% de la producción mundial, ocupando el primer lugar en lo que respecta al Continente Americano (ver cuadro anexo 1.6) conjuntamente con Perú, los principales centros productores se localizan en La Paz, Cochabamba y Potosí siendo este último el mayor deposito de reservas (en la región sureña del departamento).

El mayor potencial de consumo de este mineral se encuentra en los Estados Unidos, que absorbe alrededor del 20% de la producción mundial, captando casi la totalidad de la producción boliviana conjuntamente con Alemania (ver cuadro anexo 1.7). En la estructura de exportaciones en términos de valor la producción de wolfram representa aproximadamente entre el 10% y el 15% del valor total, lo que reviste su importancia en cuanto a la producción minera nacional.

Sin embargo, a pesar de estos indicadores alentadores, al igual que los demás minerales, la producción de wolfram ha mantenido una tendencia a la baja, desde 1990 como se muestra en el cuadro:

Cuadro 1.1
BOLIVIA: PRODUCCION DE MINERALES (T.M.)

Estaño	Plomo	Zinc	Wolfram	Plata	Antimonio	Oro	
1990	17248,9	19913,1	103849,1	1234,6	310,5	8454,1	5177,1
1991	16829,7	20809,8	129777,5	1342,6	337,5	7287,1	3500,6
1992	16516,3	20010,1	143935,6	1073,4	282,4	6021,6	4687,8
1993	18634,2	21220,2	122637,6	362,4	332,8	5556,2	10403,3
1994	16026,6	19678,4	100741,7	582,6	352,1	7050,4	12790,7
1995	14419,0	20387,3	146130,7	826,0	425,1	6246,2	14404,9
1996	14801,9	16537,7	145091,8	733,3	386,3	6487,4	12633,5
1997	12898,0	18607,9	154490,7	646,6	387,2	5998,9	13291,5
1998	11308,1	13845,5	152110,0	626,9	404,0	4735,0	14445,2
1999	11809,0	15780,0	157611,8	725,8	426,1	4999,7	17343,1
(p)							

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. I.N.E.
Elaboración Propia

Esta baja en la producción obedece a la caída internacional de los precios, a los descensos ocurridos en la demanda y consumo internacionales y al cierre de operaciones por parte de la minería mediana, con respecto a la producción de wolfram ya que a partir de 1993 la producción de este mineral se concentra en la minería chica, como se aprecia en el cuadro:

Cuadro 1.2
BOLIVIA: PRODUCCION DE WOLFRAM

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999 (p)
Min. Mediana	617,3	449,1	372	198,9						
Min. Chica	617,3	893,5	701,4	163,5	582,6	826	733,3	646.6	626.9	725.8

FUENTE: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. I.N.E.
Elaboración Propia

En lo que respecta a las cotizaciones, los precios del wolfram han registrado bajas de gran magnitud, ya que las fluctuaciones en los principales mercados, han determinado una situación inestable de la economía minera del país, más que por los descensos por la fluctuación cíclica que estos presentan desestabilizando los niveles de inversión en los principales sectores de explotación. El siguiente cuadro permite efectuar un análisis más amplio sobre el comportamiento de los precios de exportación:

Cuadro 1.3

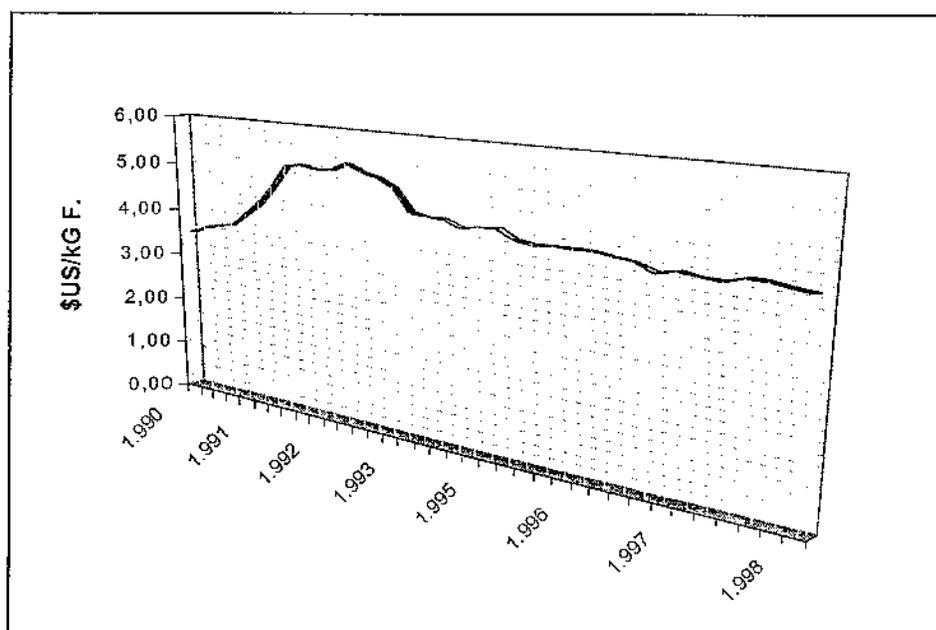
EVOLUCION DE PRECIOS DE EXPORTACION DEL WOLFRAM

AÑO		1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Precio	\$us / Kg. F	3,78	5,15	5,36	4,55	4,45	4,33	4,21	4,07	4,11

Fuente: Pólizas de Exportación que consideran precios oficiales
Elaboración Propia. En base a datos del Ex ministerio de Minería y Metalurgia

Gráfico 1.3

EVOLUCION DE PRECIOS (KILO FINO DE WOLFRAM)



Como se aprecia, en el gráfico y cuadro precedentes, existe un comportamiento cíclico del precio del wolfram, lo que ha generado en los sectores de explotación de este mineral constantes cambios en cuanto a la utilidad y rentabilidad esperada proyectada sobre expectativas y pronósticos de precio.

Estos cambios tiene como consecuencia lógica el incremento de los niveles de riesgo e inestabilidad ya que resulta poco predecible determinar cual será la variación del precio de gestión a gestión lo que incide de forma negativa en el presupuesto de flujo de caja

Esta variación de precios obedece a que estos se ajustan a un sistema de bandas a los precios internacionales, por lo que están sujetos a la respuesta de la demanda y los movimientos en los demás minerales. En función a este comportamiento inestable, surge el hecho de mostrar un modelo que permita, en lo posible, prever las fluctuaciones que no se incluyen normalmente en los proyectos, salvo por una cuenta de imprevistos o contingentes con un criterio poco científico que no refleja el efecto de estos cambios en la rentabilidad de la inversión, en este sentido los capítulos siguientes plantean una forma de tratar al riesgo como una componente de la evaluación de proyectos sobre el caso base estos movimientos de precios internacionales.



TERCERA PARTE

MODELOS MATEMÁTICOS

CAPITULO II

MODELO MATEMATICO DE RIESGO

1. ELEMENTOS FORMALES DEL MODELO

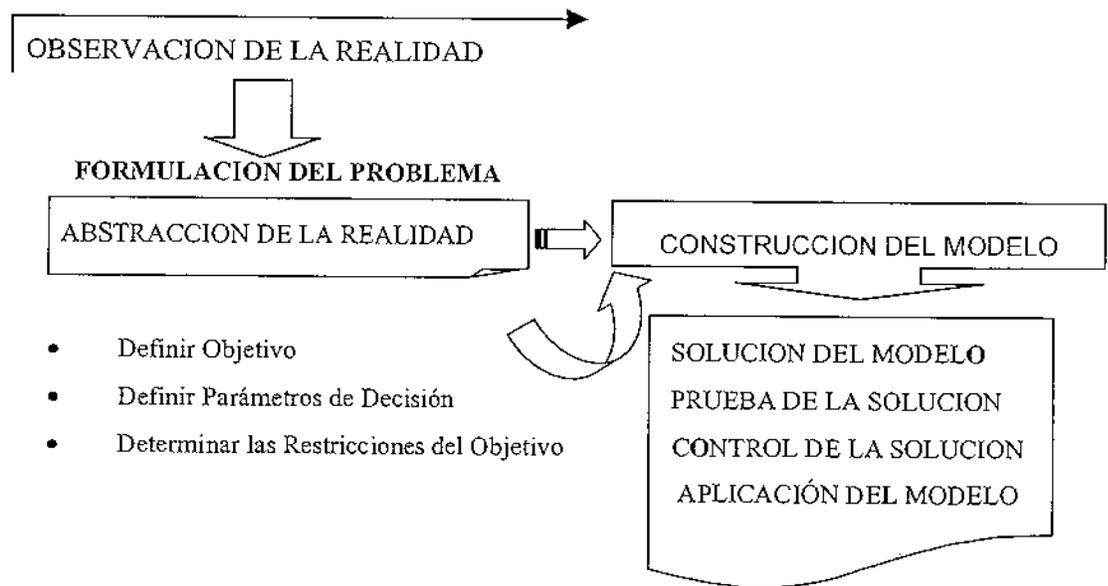
El modelo matemático representa la esencia del enfoque de los métodos cuantitativos de decisión (investigación de operaciones). La construcción del modelo permite estructurar los problemas de forma lógica, especificando las alternativas de decisión y sus consecuencias en forma anticipada para todos los posibles eventos que puedan ocurrir. ¹ El modelo es una abstracción de la realidad cuya finalidad es analizar el comportamiento del sistema con el fin de mejorar su desempeño cuando este existe o para definir la estructura ideal de este sistema futuro cuando este aún no existe, indicando las relaciones funcionales entre sus elementos.²

En el ámbito de la Teoría de Decisiones la construcción del modelo, forma parte de un proceso que tiene por objeto la solución de un problema, mediante la sistematización del mismo, en un conjunto de tres elementos

¹ MOSKOWITS – P. WRIGHT. *Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 11.

² Ibid.

básicos que son: el objetivo del problema, las variables ó parámetros de decisión y las restricciones o limitantes al objetivo del problema. Dicha construcción puede definirse como la abstracción del problema a resolverse, como se muestra en el siguiente esquema³:



La Formulación del Problema.- Según el profesor Juan Prawda, la formulación del problema deriva de un proceso en el que se busca las características sintomáticas antes de empezar el proyecto que generará soluciones.⁴ En este contexto Ackoff y Sasiени identifican ciertas condiciones para la existencia de un problema⁵:

³ HILLIER – LIEBERMAN. Introducción a la Investigación de Operaciones. 5ta. Ed. Pg. 16

⁴ PRAWDA, JUAN. *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*.

⁵ ACKOOFF – SASIENI. *Fundamentals of Operation Research*.

- ™ Debe existir por lo menos un **individuo** que se encuentra en el marco de referencia, al cual se le puede atribuir el problema del sistema.

- ™ El individuo debe contar por lo menos con un par de alternativas para resolver el problema.

- ™ Deben existir, por lo menos, un par de soluciones, una de las cuales debe tener mayor aceptación que la otra en el individuo. En caso contrario, no existe el problema. Esta preferencia está asociada a un determinado objetivo dentro del marco de referencia en donde se encuentra el individuo del sistema.

- ™ La selección de cualquiera de las soluciones debe repercutir de manera diferente en los objetivos del sistema, es decir, existe una eficiencia y/o efectividad asociadas con cada solución. Estas eficiencias y/o efectividades deben ser diferentes ya que de modo contrario no existiría el problema.

- ™ Finalmente el tomador de decisiones ignora las soluciones asociadas con los resultados del problema.

Si estas cinco situaciones existen entonces existe un problema, que requiere de una solución, esto significa que se debe abstraer la realidad y formular el problema como un modelo, para lo cual se requiere:

- ™ Identificar las componentes controlables y no controlables en un problema.
- ™ Identificar posibles rutas de acción, determinadas por las componentes controlables.
- ™ Definir los objetivos que se persiguen y clasificarlos por orden de importancia.
- ™ Identificar las interrelaciones entre las diferentes componentes del sistema, es decir encontrar las restricciones que existen, con el objeto de representar dichas interrelaciones en forma matemática.

En función a las características vertidas, se está en condiciones de identificar, definir y formular el problema, cuya abstracción permitirá la construcción del modelo.

La Construcción del Modelo.- El modelo así analizado, resulta ser una representación de algún objeto de investigación y que se utiliza para fines de predicción y control, de esta forma el modelo tiene un carácter explicativo ya que a través de él es posible de analizar los cambios que pueden afectar al fenómeno que se esta estudiando, en otras palabras con el empleo de modelos, se consigue determinar los efectos de los cambios estudiando el modelo en lugar de imponiendo tales cambios en la propia entidad o fenómeno estudiado.

Las ventajas de manejar un modelo en lugar de un objeto o proceso real son evidentes especialmente cuando el sistema real no puede variarse ya que ello significaría un costo muy grande.

En el contexto que se analiza, existen tres tipos de modelos que son: el icónico, el analógico y el simbólico: Un modelo icónico representa en forma visual ciertos aspectos de un sistema y/o fenómeno, se puede decir que este modelo parece lo que representa, como lo hace una fotografía o una construcción a escala. Un modelo analógico, como su nombre así lo sugiere, utiliza y analiza las propiedades y elementos de un sistema y/o fenómeno para explicar por “analogía” las propiedades de otro fenómeno.

Un modelo simbólico recurre a la simbología matemática, para designar las propiedades del fenómeno a estudiarse, por medio de ecuaciones o sistemas de ecuaciones.

Identificado el tipo de modelo a emplearse, en la generalidad de los casos el modelo simbólico⁶, se debe definir el objetivo que se pretende con el modelo y en función a que variables y/o parámetros se encuentra este objetivo. Mathur y Solow recomiendan que el primer paso para la construcción del modelo, una vez que se ha formulado el problema, es la determinación de las variables y/o parámetros de decisión, que representan las incógnitas determinantes en el valor del objetivo que se pretenda conseguir (cantidades, precios, tiempos, etc.) Así estos autores recomiendan las siguientes pautas para identificar las variables de decisión⁷:

- ™ ¿Qué elementos afectan a los costos y/o utilidades o a un objetivo específico?
- ™ ¿Qué elementos puede elegir y/o controlar libremente?

⁶ Normalmente en los fenómenos de naturaleza económica, la representación de fenómenos se la efectúa mediante un proceso de abstracción, que suele derivar en una simbolización matemática, es decir un modelo matemático generalmente representado por ecuaciones y expresiones algebraicas que tienen por objeto explicar el sentido de la abstracción.

- ™ ¿Qué decisiones tiene que tomar?
- ™ ¿Qué valores constituyen una solución para el problema?

La identificación de el objetivo, es el siguiente paso en la construcción del modelo, generalmente la formulación del objetivo, sigue las siguientes etapas:

- ™ Enunciar el objetivo en forma verbal.
- ™ Si es necesario descomponer el objetivo en una expresión algebraica.
- ™ Expresar los términos individuales usando las variables de decisión y otros datos de problemas conocidos.

Las soluciones del modelo.- La solución es el proceso que deriva de “encontrar el valor de las variables dependientes, asociadas a las componentes controlables del sistema a fin de optimizar o mejorar la eficiencia o efectividad del sistema, dentro del marco de referencia que fijan los objetivos establecidos”⁸

⁷ MATHUR – SOLOW. *Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 13

⁸ PRAWDA, JUAN. *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*”. T. 1 (Pg. 34 – 35)

Las soluciones se pueden obtener a partir de métodos deductivos (análisis matemático clásico) o inductivos (análisis numérico). Existen también procedimientos iterativos (repeticiones de la misma regla) que conducen a una solución exacta o aproximada, métodos de simulación que simulan un sistema real en función a un modelo generalmente de tipo simbólico cuando existen situaciones de riesgo e incertidumbre, como el caso que se analiza en la investigación.

Prueba, Control e Implementación del Modelo.- Es importante que una vez generadas las soluciones, se pruebe la validez del modelo, es decir que este pueda predecir y pronosticar los cambios que se han efectuado sobre el fenómeno estudiado, este análisis entraña un proceso, que según el profesor Juan Prawda involucra lo siguiente:

- Probar la validez del diseño del sistema (validar las componentes controlables y las externalidades del modelo)
- Probar la validez del modelo (validar las expresiones matemáticas)
- Probar la validez de las técnicas utilizadas y las formas de interpretación de los resultados.
- Determinar la efectividad de salida de los resultados y su expansión a quienes realicen el proceso de toma de decisiones.

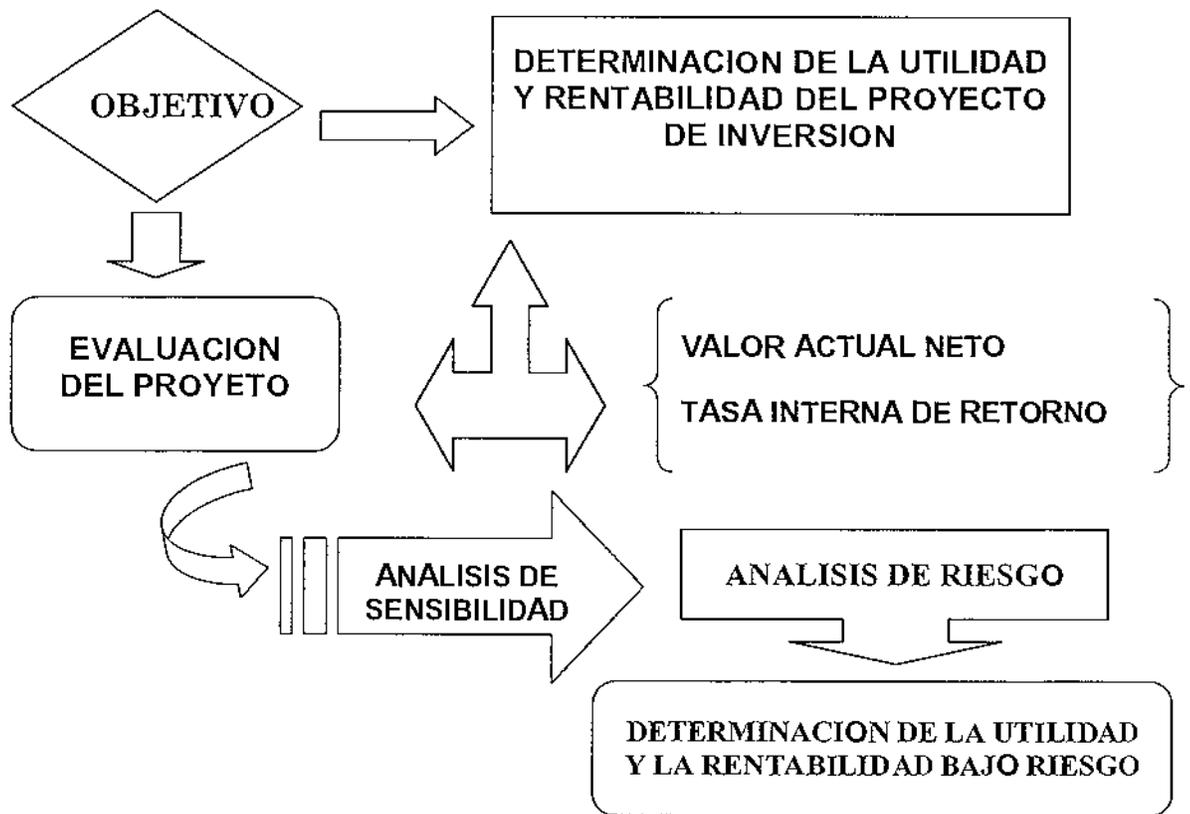
2. DESCRIPCION DEL MODELO MATEMATICO

Según los objetivos de la investigación, existe una diversidad de técnicas por las que un agente económico debe guiarse a fin de elegir aquella decisión que permita establecer una metodología en la toma de decisiones asociadas a una inversión. Toda toma de decisiones entraña pues un riesgo, en un sentido amplio unas más que otras, por lo que parece lógico pensar que aquellas decisiones de mayor riesgo brinden un umbral mayor de rentabilidad, siendo este aspecto el problema que se pretende resolver, en el ámbito de la investigación.

El conjunto de antecedentes justificatorios donde se establecen las ventajas y desventajas que significa la asignación de recursos a una determinada idea u objetivo específico se denominará “Evaluación de Proyectos” Así la primera fase del modelo, es la evaluación del proyecto en las condiciones normales en las que se ha estructurado el proyecto. Ahora bien al no existir certeza acerca de tales condiciones se hace necesario un modelo que permita determinar la rentabilidad del proyecto, frente a las variaciones de ciertos elementos que componen los retornos del proyecto, esto conlleva a efectuar una sensibilización y un posterior análisis de riesgo que dichas variables implican.

Una vez determinado el factor de riesgo en el proyecto, se debe efectuar una nueva valoración de las utilidades y los retornos del proyecto en términos de riesgo considerando las fluctuaciones que este conlleva, a este efecto se realiza un proceso de incorporación del riesgo que en definitiva deberá mostrar al inversionista las posibilidades reales de oportunidad y rentabilidad en el mercado.

El siguiente esquema describe en forma objetiva el modelo de la presente investigación:



3. EL PROYECTO

El proyecto en un sentido amplio, puede ser entendido como un modelo que permite solucionar problemas, es decir es un instrumento técnico que muestra la rentabilidad de la inversión mediante el uso y la combinación óptima de los recursos para obtener un producto o servicio, lo que significa tomar una decisión técnica⁹ sobre dicho uso para lograr un objetivo.

Así pues de la realización del proyecto no es nada más que la búsqueda de una solución inteligente a un problema, fundamental de la economía como es la satisfacción de las necesidades humanas¹⁰

El proyecto, nace a partir de una idea de inversión sustentada en ciertos objetivos que se pretende alcanzar, a esta fase conocida como *generación*, (cuya componente fundamental es la información) sigue la *ejecución* del proyecto (uso de los recursos), para concluir finalmente el ciclo con un proceso de *evaluación* analizando sí se ha logrado o no cumplir con los

⁹ Una decisión técnica involucra un proceso que consiste en: analizar todas las alternativas posibles de inversión, efectuar un análisis de beneficio – costo de cada una de las alternativas (contrastar beneficios y alternativas de sacrificio) para finalmente elegir la alternativa más favorable en función de los objetivos planteados:

¹⁰ SAPAG CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos*.

objetivos trazados si la respuesta es afirmativa entonces concluye el ciclo del proyecto de lo contrario se debe reiniciar todo el proceso.

En este marco el estudio del proyecto puede ser entendido como un proceso que distingue dos grandes etapas: la preparación y la evaluación. “La etapa de preparación tiene por objeto definir todas las características que tengan cierto efecto en el flujo de ingresos y egresos monetarios del proyecto. La etapa de evaluación con metodologías muy definidas busca determinar la rentabilidad de la inversión en el proyecto”¹¹

Estas dos etapas se concentran en lo que se denomina documento proyecto, el mismo que se estructura a partir de un estudio de mercado, un estudio de tamaño y localización, un estudio de ingeniería y organización para derivar en una estudio financiero que plasma en términos monetarios y financieros todo lo que se ha programado y preparado en un flujo de caja sobre el que se estructura la evaluación del proyecto.

¹¹ SAPAG CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg. 27

Cada uno de los componentes del estudio del proyecto tiene por objeto proveer información a fin de determinar la factibilidad financiera de la inversión y al mismo tiempo permitir la mejor alternativa de decisión en función al potencial y umbral real de opciones de rentabilidad que ofrece el proyecto.

3.1 LA EVALUACION DEL PROYECTO

Reconocer la naturaleza del entorno de la selección de proyectos sugiere que durante la fase de evaluación del ciclo del proyecto existe la necesidad de que se realice una función de verificación y control respecto de los objetivos que se han planteado al momento de preparar un proyecto de inversión. La evaluación de proyectos constituye una especialidad en el campo de la economía aplicada siendo un conjunto de métodos determinados, que tiene por finalidad dar racionalidad económica a las decisiones que se van a tomar respecto a una inversión¹² Evaluar significa comparar lo ejecutado con lo esperado, analizando si se han logrado cumplir o no los objetivos que se han propuesto.

¹² COZZETTI – RAPETTI – SOLANET. *Evaluación Económica de Proyectos*.

La evaluación de este modo busca la mejor alternativa de decisión utilizando diversos criterios por los cuales se decide invertir en una determinada actividad; si bien existen criterios casi universales en la toma de decisiones acerca de un proyecto, no existe una concepción rígida al respecto; sin embargo, lo imprescindible es contar con un número considerable de antecedentes que permitan que este proceso se efectúe de forma inteligente.¹³

“La evaluación así presentada pretende medir objetivamente ciertas magnitudes cuantitativas resultantes del estudio del proyecto que originan diversos coeficientes e indicadores de evaluación, esto implica que la correcta valoración de los beneficios esperados permitirá definir en forma satisfactoria el criterio que sea más adecuado”¹⁴

Cuando se estudia un proyecto siguiendo un criterio financiero, el análisis entraña una óptica de índole microeconómica y cuando se estudia el efecto desde el punto de vista de la sociedad en conjunto es decir cuando se

¹³ SAPAG CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed.

¹⁴ SAPAG CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg. 8 - 9

analiza el proyecto desde la perspectiva macroeconómica se habla de la evaluación social y económica del proyecto.

Así la evaluación se realiza a través de una serie de procedimientos técnicos a fin de efectuar comparaciones entre diferentes alternativas sobre la base de las ventajas monetarias – económicas o sociales que ofrecen los proyectos. A este efecto existen una diversidad de técnicas y métodos generalmente aceptados para resolver el problema de las decisiones de inversión, entre los que existen métodos de evaluación simples y métodos que trabajan en función a la valoración del recurso monetario en el tiempo o métodos de descuentos.

Estos dos tipos de valoraciones, se efectúan fundamentalmente sobre el flujo de caja (*cash flow*) de un proyecto, este flujo resume o sintetiza todo lo que se ha preparado en el proyecto. En otras palabras el Flujo de Caja es un estado financiero que visualiza todas las entradas (input) y salidas (output) efectivas de recursos monetarios financieros durante un determinado periodo de tiempo (ciclo de operación del proyecto) y constituye la base sobre la cual descansa la evaluación privada.¹⁵

¹⁵ PAREDES ZARATE, RAMIRO. *Elementos de Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg.238

El flujo de caja se compone de cuatro elementos básicos:

1. La Inversión Inicial del Proyecto (como un egreso)
2. Los ingresos y Egresos de Operación (utilidades o perdidas en operación, depreciación de activos fijos, amortización de activos diferidos)
3. El tiempo en el que ocurren dichos ingresos (periodo del flujo de caja)
4. Valor Contable de los Activos Fijos (Valor Residual)

3.1.1. CRITERIOS PARA LA EVALUACION DE PROYECTOS

Existen diversos criterios de evaluación los más utilizados son aquellos que consideran el valor cronológico del dinero¹⁶, es decir la variación de este frente a presiones cambiarias, inflacionarias, etc. Estos métodos utilizan un factor de descuento en el tiempo a fin de incorporar un “precio” o tasa de interés al recurso financiero en cuanto al flujo de caja se refiere.

¹⁶ Se entiende por valor cronológico del dinero la comparación de flujos de caja en una misma unidad, es decir se habla de precios constantes. Lo que se debe hacer es darle un “interés al dinero” :

$$P = \frac{S}{(1+i)^n}$$

P = Valor Presente; S = valor futuro.

Entre estos métodos los más usuales, para la evaluación financiera, son el **Valor Actual Neto (VAN)** y la **Tasa Interna de Retorno (TIR)**

Mediante el proceso de descuentos, se logra hacer comparables los valores monetarios que están distanciados en el tiempo. Una unidad monetaria tiene más valor hoy que en el futuro debido a que existen oportunidades de inversión libres de riesgo que permiten incrementar el valor de esta unidad a través del tiempo¹⁷. La tasa de descuento representa el precio que se paga por los fondos requeridos para cubrir la inversión, es una medida de rentabilidad que se pide al proyecto, de forma tal que se cubra la inversión, los costos operativos y la rentabilidad que el inversionista le exige a su propio capital, lo que implica que dicho factor sea igual a la mejor alternativa de inversión con igual riesgo.¹⁸

EL VALOR ACTUAL NETO (V.A.N.)

El Valor Actual Neto o Valor Presente Neto (VPN), se define como el método que compara los actuales desembolsos o Inversión Inicial (primer desembolso hacia el proyecto) con los futuros ingresos o egresos, (flujo de caja) actualizados al presente, mediante una tasa o factor de descuento

¹⁷ FONDO NACIONAL DE EXPLORACION MINERA, Dpto. de Proyectos. 1979

¹⁸ SAPAG – CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos*.

que representa el valor cronológico del dinero. Desde el punto de vista económico el VAN es el valor que pediría un probable inversionista por dejar que otro ejecute el proyecto. Matemáticamente se expresa como:

$$VAN = \frac{FC_0}{(1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n},$$

O también:

$$VAN = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}$$

Dónde :

FC = Flujos de caja que genera el proyecto en el periodo t.

I = Tasa de descuento.

t = Periodo del flujo de caja (en instalación y en operación)

n = Vida Util del Proyecto

I₀ = Inversión inicial en el proyecto

“La tasa de actualización o el factor de descuento en el VAN, se puede entender matemáticamente como el recíproco del factor de interés compuesto; reduce los valores finales sucesivos a un valor presente equivalente descontados de una tasa específica.”¹⁹.

¹⁹ EROSSA M., VICTORIA. *Proyectos de Inversión en Ingeniería*. 1era. Ed. Pg, 202

Se dice desde el punto de vista del VAN, que cuando este es mayor que cero el proyecto da lugar a la aceptación de la inversión y cuando el VAN es menor que cero el proyecto debe ser rechazado, ya que en este caso la recuperación de la inversión no es factible.

LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

La Tasa Interna de Retorno representa la tasa de interés a la cual el Valor Actual de un proyecto se iguala a cero y representa los pagos pendientes que tienen el proyecto hacia el inversionista, muestra ¿cuánto interés ganara anualmente la inversión del proyecto?²⁰ es algo así como si el proyecto debiera dinero al inversionista. Matemáticamente se expresa como:

$$VAN = 0 = \sum_{t=0}^n \frac{FC_t}{(1 + TIR)^t}$$

El criterio de aceptación o rechazo de un proyecto desde el punto de vista de la TIR, se evalúa en función a la tasa de descuento (tasa alternativa de mercado), frente a la que se compara la TIR si esta es mayor que la tasa de referencia entonces el proyecto se acepta en otro caso se rechaza.

²⁰ PAREDES ZARATE, RAMIRO. *Elementos de Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg. 255.

En ambos criterios la elección tasa de descuento constituye la mayor dificultad por la imposibilidad de medir el costo adicional del proyecto debido al aumento en el riesgo que éste deba enfrentar, y por el criterio altamente subjetivo que se utiliza para su elección y es una de las componentes más influyentes en el proyecto, puesto que una tasa inadecuada puede inducir a un resultado errado en la evaluación.²¹

4. EVALUACIÓN DE INVERSIONES Y RIESGO.

“Al riesgo con frecuencia se le define como las variaciones de los valores reales con respecto de los valores promedio o esperados debidas a causas aleatorias. La incertidumbre con frecuencia se refiere a las variaciones en los valores reales debidas a errores de estimación que pueden ser inexactas por falta de información suficiente con respecto a un determinado factor o al futuro, o a que no se consideraron todos los factores”²².

²¹ SAPAG – CHAIN. *Preparación y Evaluación de Proyectos* 2da. Ed. Pg. 243 - 244.

²² CANADA JHON. *Ingeniería Económica*. Pg. 293

"El propósito de una evaluación de inversiones es esencialmente el de predecir el desenvolvimiento de una inversión propuesta"²³ a objeto de determinar el retorno de la misma en función a los objetivos planeados, así el inversionista debe enfrentar la disyuntiva de analizar una serie de alternativas a fin de elegir la decisión correcta, es decir la elección del mejor resultado asociado con cada alternativa; sin embargo el proceso no es tan simple ya que en general "las situaciones de decisión se caracterizan por ofrecer una información incompleta"²⁴ por lo que cada decisión depende de lo que son los "estados de la naturaleza" es decir de las condiciones en las que se presente dicha información.

La generalidad de las situaciones o eventos (alternativas de decisión) no ofrecen un grado de certeza, reflejo de la amplitud de información con la que cuenta el tomador de decisiones, lo que entraña condiciones de incertidumbre, fundamentalmente en lo que respecta al comportamiento de una determinada situación en el "futuro que por definición es incierto"²⁵;

²³ SAVVAKIS SAVVIDES. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. Pg. 1.

²⁴ MOSKOWITZ H. – WRIGHT G. P *Investigación de Operaciones*. (Pg. 140).

²⁵ SAVVAKIS SAVVIDES *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. (Pg. 1).

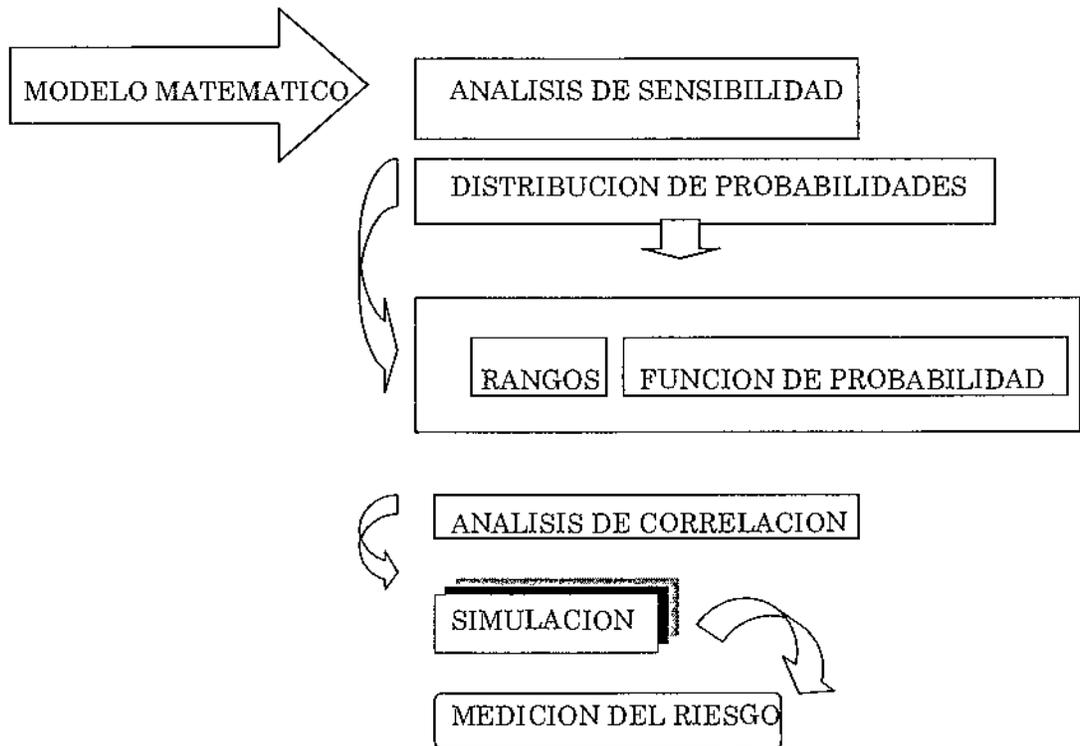
Sin embargo mediante el empleo de las herramientas que ofrece la estadística es posible anticipar eventos futuros mediante la observación y el análisis de la información (espectativas adaptativas, pronósticos) logrando, en ciertas situaciones, predecir con un margen “probable” un evento; así una diversidad de situaciones inciertas se convierten en situaciones riesgosas.

De esta forma “el riesgo de un proyecto representará una función de la incertidumbre intrínseca de las variables proyectadas”²⁶, dicho riesgo se define como la variabilidad de los flujos de caja reales respecto a los estimados, una mayor variabilidad entraña un riesgo mayor que se manifiesta en la variabilidad de los rendimientos del proyecto, que por tanto dependen de las variaciones que ocurran durante el ciclo del proyecto tradicionalmente este análisis fundamenta la decisión sobre la base de estimaciones de valores únicos (la moda, la media, la mediana, etc.); sin embargo no se toma en cuenta la frecuencia o probabilidad de ocurrencia de estos valores por lo que el comportamiento real de ciertos parámetros suele llevar a situaciones totalmente diferentes a las esperadas.

²⁶ Ibid Pp 27.

4.1 EL ANÁLISIS DE RIESGO

Seguindo a Savvakis el análisis del riesgo es una técnica que involucra un proceso multietápico en el que se parte de un modelo matemático objeto de la simulación (cuya finalidad es presentar un esquema dinámico del proceso de evaluación) que deriva en la construcción de una distribución de probabilidades que permite efectuar una medición del riesgo, a partir de la identificación de los parametros sensibles, definidos en el modelo. Este proceso se lo puede describir de la siguiente forma:



4.1.1 EL MODELO MATEMÁTICO.

Define la relación algebraica entre las variables, y será consistente en el entendido de que permita reflejar las situaciones reales de los estados de la naturaleza, mediante el uso de los parámetros de mayor relevancia en el problema. En la presente investigación se intenta cuantificar el riesgo que lleva el flujo de caja frente a las variaciones cíclicas de los precios de venta que afectan al retorno del proyecto. Así de acuerdo a la información del proyecto, el interés de la investigación se concentra en el retorno del proyecto, por lo que se tiene:

$$\text{VAN} = f [\text{Flujo de Caja, Tasa de descuento}]$$

$$\text{F.C.} = -\text{I}_o + \text{DAF} + \text{AAD} + \text{U.N.} + \text{O.I.}$$

$$\text{U.N.} = [\text{P.N.} \times \text{P} - \text{CC}] - [\text{CF} + \text{CV} + \text{CFi}] - \text{IUE}$$

Donde:

U.N.	=	Utilidad Neta
P.N.	=	Producción Neta (wolframita – schelita)
P	=	Precio de Venta
C.C.	=	Costo de Comercialización
C.F.	=	Costo Fijo
C.V.	=	Costo Variable
C. Fi	=	Costo Financiero
I.U.E.	=	Impuesto Utilidades Económicas
I _o	=	Inversión
DAF	=	Depreciación del activo Fijo
AAD	=	Amortización Activos Diferidos
O.I.	=	Otros Ingresos
F.C.	=	Flujo de Caja del Proyecto

4.1.2. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.

Una vez definida la función matemática cabe detectar las variables o parámetros relevantes en el proyecto, es decir las variable a las cuales es sensible el retorno y/o utilidad de la Inversión. La importancia de la sensibilización radica en el hecho de que los valores de los parámetros de la evaluación, normalmente presentan desviaciones cuyos efectos son considerables en cuanto a la medición de los resultados.²⁷

Para efectos del modelo aquí presentado la sensibilización involucra solamente una variable critica debido a que por una parte una mayor cantidad de parámetros durante la simulación implica una mayor probabilidad de generar escenarios inconsistentes dada la dificultad de controlar las variables correlacionadas y por otra significa un costo mayor tanto en tiempo como en el uso de mano de obra experta²⁸ El análisis del caso base de estudio de la investigación tras una serie de sensibilizaciones porcentuales en sus diferentes variables permite apreciar que el proyecto es altamente sensible a tres parámetros fundamentales:

²⁷ ANDRADE SIMON. *"Compendio de Proyectos"*. Pg. (419)

²⁸ SAVVAKIS SAVVIDES *"Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones"*. (Pg. 6).

1. El producto neto (Producción de Wolframita y Schelita)
2. El precio o valor unitario del producto
3. El Impuesto a las Utilidades Económicas

En función a la calidad de información con la que se cuenta el presente estudio concentra su atención en el precio, como parámetro exclusivamente financiero y/o económico y se deja como una consideración a un estudio posterior el análisis de las variaciones geológicas que afectan a la mayor o menor obtención del producto neto así como un análisis tributario, propio de los temas de tributación minera, que competen a la economía minera como tal. Este análisis de sensibilidad se ha practicado tomando una variación de precios entre un rango de -10% a 4% de variación, que representa el piso y techo máximo de las variaciones de las cotizaciones del wolfram en los mercados internacionales en el periodo de referencia de la investigación . Este rango se ha tomado en función a información pasada acerca del comportamiento de los precios (ver Cap. I: Evolución de precios de exportación). Tomando esta referencia, se ha efectuado el análisis de sensibilidad, evaluando los efectos sobre los indicadores de rentabilidad del flujo de caja del proyecto base.

Cuadro No. 2.1
ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD
DEL PRECIO DE EXPORTACION SOBRE EL VAN Y LA TIR

Variación de precios	V.A.N. (\$us)	T.I.R. (%)
- 10 %	-98,927.87	9.53
- 8 %	-52,530.45	14.86
- 6 %	-2,130.86	17.90
- 4 %	52,621.65	19.97
- 2 %	112,147.66	21.63
0 %	176,839.54	23.05
2 %	247,163.73	24.33
4 %	323,612.95	25.49

Fuente: Elaboración Propia

Sobre esta base, se puede apreciar que el proyecto es altamente sensible al factor precio que se selecciona como la variable de riesgo en el modelo matemático y por tanto será el eje del proceso de la simulación de Montecarlo.

4.1.3 DISTRIBUCIÓN DE PROBABILIDADES Y ASIGNACIÓN DE RANGOS.

Este proceso implica la predicción del resultado del comportamiento de los eventos en el futuro, conlleva dos etapas: la definición de los límites máximo y mínimo de las variables y la asignación de probabilidades a cada una de las posibles variaciones de los parámetros del modelo.

En general la primera etapa deriva de la sensibilización y el mayor problema se presenta en la segunda etapa cuando se define una probabilidad asociada a cada evento posible; sin embargo a través de la información de eventos históricos es posible obtener una distribución de frecuencias que permita determinar la ocurrencia de cada evento, tales valores se especifican con relación a una distribución probabilística y mediante el uso de rangos y subrangos se puede influenciar la definición de una distribución apropiada²⁹.

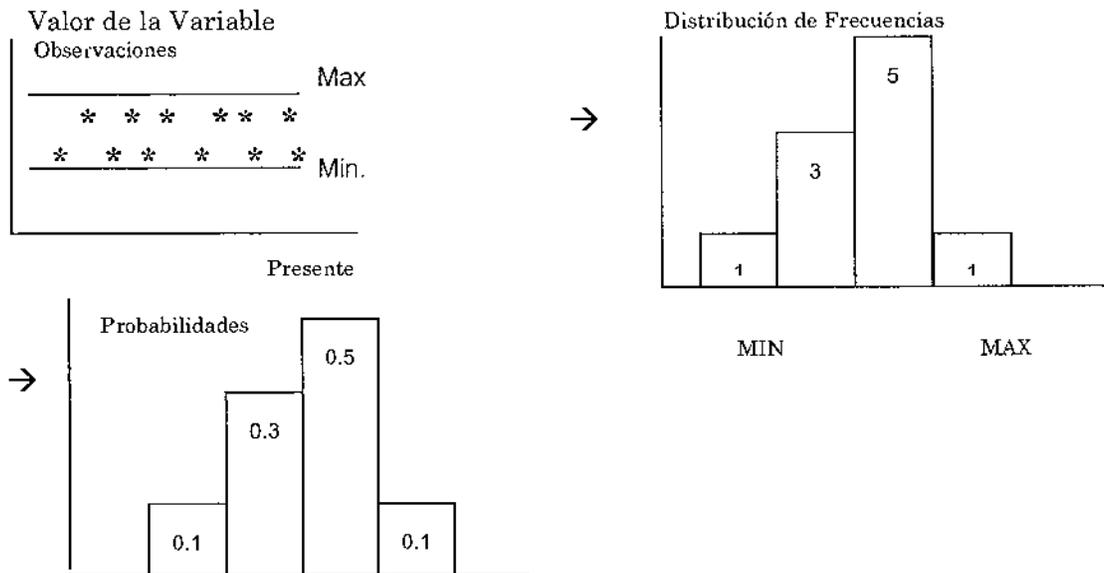
Esta etapa resulta ser una de las más delicadas y se considera como la parte “más compleja” del análisis de riesgo dado que se está prediciendo el resultado de un evento futuro; sin embargo la definición de límites “es un proceso simple en el que se consideran los datos disponibles de un espectro de posibles resultados. Al ver observaciones históricas de un evento, uno puede llegar a una distribución de frecuencias que muestre los valores de las ocurrencias de cada resultado.

²⁹ SAVVAKIS SAVVIDES . “*Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*”. 1era. Ed. Pg. 7.

En tal caso una distribución de probabilidades es lo mismo que una distribución de frecuencias que muestra el número de ocurrencias de una escala relativa de 0 a 1 en vez de números absolutos, como se muestra en el siguiente esquema³⁰

PREDICCIÓN DE UN EVENTO FUTURO

De una frecuencia relativa a una distribución de probabilidades



Según este análisis se asignan los rangos respectivos a las variaciones porcentuales de los precios tomando en cuenta una distribución de frecuencias derivada del estudio de eventos pasados, en la que se consideran los datos disponibles de un espectro de probables resultados,

³⁰ SAVVAKIS SAVVIDES . "Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones". 1era. Ed. Pg. 7.

de este modo se tiene la asignación de rangos para los cambios en el precio, que varía porcentualmente entre un 4% y -10%. Para asignar de una forma objetiva estas variaciones se considera tres posibles escenarios:

- El precio se mantiene constante, en una proporción del 9% de los casos.
- El precio tiende a disminuir en una proporción del 80%.
- El restante 11% representa la proporción de incrementos en el precio.

Cuadro No. 2.2

**ASIGNACION DE RANGOS A LAS VARIACIONES DE LOS
PRECIOS**

Variación Precios	V.A.N. (\$us)	Frecuencias Relativas	Frecuencia Acumulada	Rangos Intervalos
-10%	-98,927.87	0,05	0,05	0 - 5
-8%	-52,530.45	0,10	0,15	5 - 15
-6%	-2,130.86	0,25	0,40	16 - 40
-4%	52,621.65	0,30	0,70	41 - 70
-2%	112,147.66	0,10	0,80	71 - 80
0%	176,839.54	0,09	0,89	81 - 89
2%	247,163.73	0,07	0,96	90 - 96
4%	323,612.95	0,04	1,00	97 - 100

Fuente: Elaboración propia.

4.1.4 EL ANÁLISIS DE CORRELACIÓN.

Tras la definición de los rangos y la función de distribución de probabilidades es preciso contrastar la teoría con los resultados del modelo para ello se efectúa un análisis de correlación, la correlación mide la interrelación y el grado de explicación entre una variable dependiente y otra(s) independiente(s).

“La existencia de variables correlacionadas en modelos de evaluación representan un obstáculo a la aplicación del análisis de riesgo que si no se resuelve puede distorsionar seriamente los resultados por lo que previamente se debe tratar las condiciones que restringen la selección aleatoria de valores para las variables correlacionadas dentro de la dirección y límites que son consistentes con sus características de dependencia. La necesidad para tales previsiones surge porque sin ellas las variables correlacionadas pueden ser tomadas como completamente independientes entre sí y por lo tanto generar valores que pueden ser irreales dentro del escenario del proyecto”³¹

³¹ SAVVAKIS SAVVIDES. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. 1era. Ed. Pg. 11

Según la especificación del modelo (ver sección 4.1.1), se aprecia que no existe un proceso de autocorrelación significativo a excepción de las relaciones obvias entre precio y cantidad que forman parte del proceso de simulación; sin embargo por las características del proyecto la variable precio es exógena al proyecto de igual modo que la cantidad puesto que esta condicionada a las reservas geológicas existentes y por tanto a un plan de producción predeterminado en función del ciclo de vida del proyecto y la tecnología sujeta de la inversión efectuada.

4.1.5. EL PROCESO DE SIMULACIÓN.

Según Robert E. Shanon “simulación es el proceso de diseñar y desarrollar un modelo computarizado de un sistema o proceso y conducir experimentos con este modelo con el propósito de entender el comportamiento del sistema o evaluar varias estrategias con las cuales se puede operar el sistema”³². En otras palabras simular significa reproducir situaciones reales mediante situaciones artificiales (simuladas) con el objeto de generar sistemas análogos que puedan ser utilizados para predecir el comportamiento de la realidad. El procedimiento para efectuar una adecuada simulación se puede resumir en 3 etapas fundamentales que son:

La sistematización del problema en un modelo, es un proceso de recopilación de datos que describe las variables del modelo o sistema por lo que se requiere una definición clara y exacta de dichas variables de modo tal que se puedan determinar las componentes, los límites y los alcances del sistema o modelo diseñado.

Una segunda etapa es la implementación del modelo de simulación es decir la definición de los diseños experimentales (procedimientos estadísticos) que se utilizarán para aplicar el modelo. “Dado que la simulación implica llevar a cabo experimentos muestrales en un modelo del sistema del mundo real, los resultados que se obtienen son observaciones muestrales o estadísticas muestrales. El objetivo del análisis estadístico es asegurar que el problema se aborda en forma adecuada desde el punto de vista estadístico, es decir, que el número de condiciones y casos del modelo que se examina sea suficiente para obtener inferencias estadísticas válidas a partir de los resultados”³³

³² COSS BU, Raúl. *Simulación: Un Enfoque Práctico*. 1era. Ed. Pg. 12.

³³ DAVIS & McKEOWN. *Modelos Cuantitativos para Administración*. 2da. Ed. Pg. 619

Finalmente una vez definido el modelo de simulación se procede a la validación del mismo a fin de evaluar los resultados obtenidos y contrastarlos con el mundo real, esto permitirá efectuar un análisis adecuado del modelo, este proceso se conoce como experimentación o prueba de la simulación que en definitiva permitirá evaluar si lo programado coincide con lo obtenido. Entre las técnicas más utilizadas se tienen los juegos operacionales, la simulación de sistemas y el muestreo Montecarlo, siendo este último por sus características empleado en el análisis presente.

4.1.6 EL MÉTODO DE MONTECARLO

El muestreo de Montecarlo, desarrollado por Von Newman y Ulam en 1940, es una de las primeras técnicas de simulación y una de las metodologías de mayor uso para este tipo de procesos en el campo de la teoría de decisiones, se fundamenta en los juegos de azar. “El método de Montecarlo es una simulación con técnicas de muestreo, o sea que en vez de obtener muestras de una población real, se obtienen de un duplicado teórico de la población real.

En cualquier modelo de análisis, la generación de observaciones e información acerca de las variables componentes constituye un aspecto fundamental, con el objeto de llevar a cabo la experimentación del mismo; sin embargo en un gran número de problemas tales observaciones no pueden obtenerse de la realidad principalmente por razones de tiempo y costo por ello se hace necesario recurrir a un muestreo simulado de la realidad es decir "se reemplaza el universo real por el universo teórico correspondiente, descrito por una ley de probabilidad que se supone conocida o adecuada y luego se obtiene una muestra de la población teórica mediante una sucesión de números aleatorios"³⁴, este proceso es lo que se conoce como el método de Montecarlo .

El uso de números aleatorios se debe a que el método Montecarlo, trabaja con relación a "variables aleatorias", que intentan mostrar un mismo comportamiento de lo observado en el mundo real. En un contexto más exacto la aleatoriedad se explica por el hecho de que no es posible saber el valor exacto que tomara una variable; sin embargo "sabemos que valores puede tomar y las probabilidades de unos u otros valores"³⁵.

³⁴ SUAREZ SUAREZ, Andrés. *Decisiones Opimas de Inversión y Financiamiento en la Empresa*. 19va. Ed. Pg. 168.

³⁵ SOBOL I.M. *Lecciones Populares de Matemáticas: Método de Montecarlo*. Ed. MIR.

Obviamente sobre la base de estos datos no se puede predecir con exactitud el resultado de una prueba relacionada con esta variable aleatoria pero sí se puede prever con gran seguridad los resultados de un gran número de pruebas. Cuanto mayor sea el número de pruebas, mayor exactitud tendrán nuestras predicciones. Este procedimiento de simulación se puede resumir en tres fases:

Se especifica una función de distribución de probabilidades $f(x)$ acerca del universo que se quiere representar, donde:

$$f(x) = \int_{-\infty}^x f(u) du$$

Mediante el uso de números aleatorios se elige un número entre 0 y 100 (ú otra escala unitaria apropiada), y se asigna a uno de los rangos generados por la función de probabilidad $f(x)$, es decir que el número aleatorio se proyecta en un eje cartesiano hasta que intersekte la función $f(x)$

El valor obtenido representa el valor de la muestra simulada. En forma iterativa se repite el procedimiento hasta obtener el número deseado de valores muestrales.

En función a los criterios vertidos, se describe la funcionalidad de la simulación para el caso que se analiza. A partir de la determinación de los rangos aleatorios se deriva la distribución de frecuencias de la variación de los precios del proyecto, que sigue una distribución normal (ver cuadro anexo 2.4) sobre la cual se generan los escenarios o pruebas que corresponden a la simulación.

El proceso consiste en generar un número aleatorio comprendido entre 0 y 100³⁶ y de acuerdo con el valor obtenido asociarlo al rango correspondiente y la variación porcentual respectiva del precio, por ejemplo un aleatorio de 25 corresponde al tercer rango y representa una caída del 6% del precio que tiene su respectivo efecto en la utilidad y los indicadores de rentabilidad del proyecto. El proceso iterativo se repite 500 veces³⁷ (ver cuadro anexo 2.2) para efectuar un conteo del proceso de muestreo, generando los siguientes resultados.

³⁶ Los de números aleatorios se obtienen a partir de una fórmula derivada de la serie Fibonacci, que imita los valores de una variable aleatoria X_i , es decir que tales valores verifican una serie de pruebas como si fuesen valores de la variable aleatoria, estos números se denominan pseudo – aleatorios.

³⁷ El número de pruebas o tamaño de la muestra se estima con relación a la media muestral ya que la media o valor esperado del VAN representa el principal parámetro de análisis en el modelo (Véase Anexo 2.4).

Cuadro No. 2.3

RESULTADOS DE LA SIMULACION

P	η	ϕ	Φ
-10%	25	0,05	0,05
-8%	70	0,14	0,19
-6%	120	0,24	0,43
-4%	145	0,29	0,72
-2%	55	0,11	0,83
0%	40	0,08	0,91
2%	30	0,06	0,97
4%	15	0,03	1,00
Σ	500	1	

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

η es el número de veces que el número aleatorio (prueba) cae en el rango correspondiente a una variación porcentual del precio.

ϕ representa la distribución aleatoria construida sobre el muestreo aleatorio de Montecarlo.

Φ representa la distribución acumulada que determinara la correspondiente función de probabilidad del muestreo aleatorio.

Según estos de la simulación se tiene la siguiente función de probabilidades:

Cuadro No. 2.4
OBTENCION DE LAS PROBABILIDADES MONTECARLO
DE LAS VARIACIONES DEL PRECIO

Variación de Precios	V.A.N. (\$us)	TIR (%)	Probabilidad P(i) = (%)	Probabilidad Acumulada (%)
-10%	-98,927.87	9.53	5%	5%
-8%	-52,530.45	14.86	14%	19%
-6%	-2,130.86	17.90	24%	43%
-4%	52,621.65	19.97	29%	72%
-2%	112,147.66	21.63	11%	83%
0%	176,839.54	23.05	8%	91%
2%	247,163.73	24.33	6%	97%
4%	323,612.95	25.49	3%	100%

Fuente : Elaboración propia

4.1.7. ANÁLISIS DE RESULTADOS.

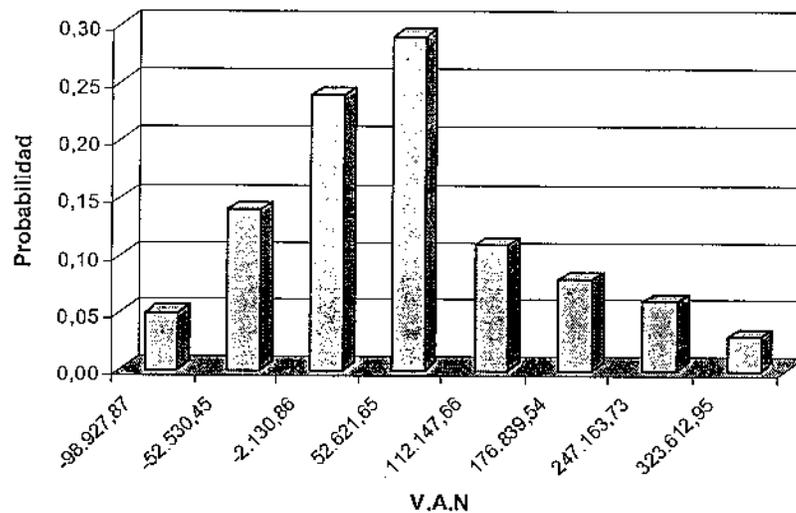
Finalmente cabe interpretar y analizar los resultados obtenidos de la simulación, es decir el significado de las probabilidades obtenidas generadas a partir del proceso de muestreo Montecarlo, así se derivan las siguientes conclusiones al respecto:

- Cada resultado generado por los números aleatorios representa una probabilidad [P (i)] de ocurrencia (entre cero y uno), con respecto al tamaño de la muestra calculada por muestreo Montecarlo (n), es decir:

$$P(i) = \frac{1}{n}$$

Por lo tanto, la probabilidad del resultado de un proyecto por debajo de cierto valor es simplemente el número de resultados con un valor menor a la marca de probabilidad de una observación.³⁸

Gráfico No. 2.1
**DISTRIBUCION DE PROBABILIDADES MONTECARLO
 DEL VALOR ACTUAL NETO**

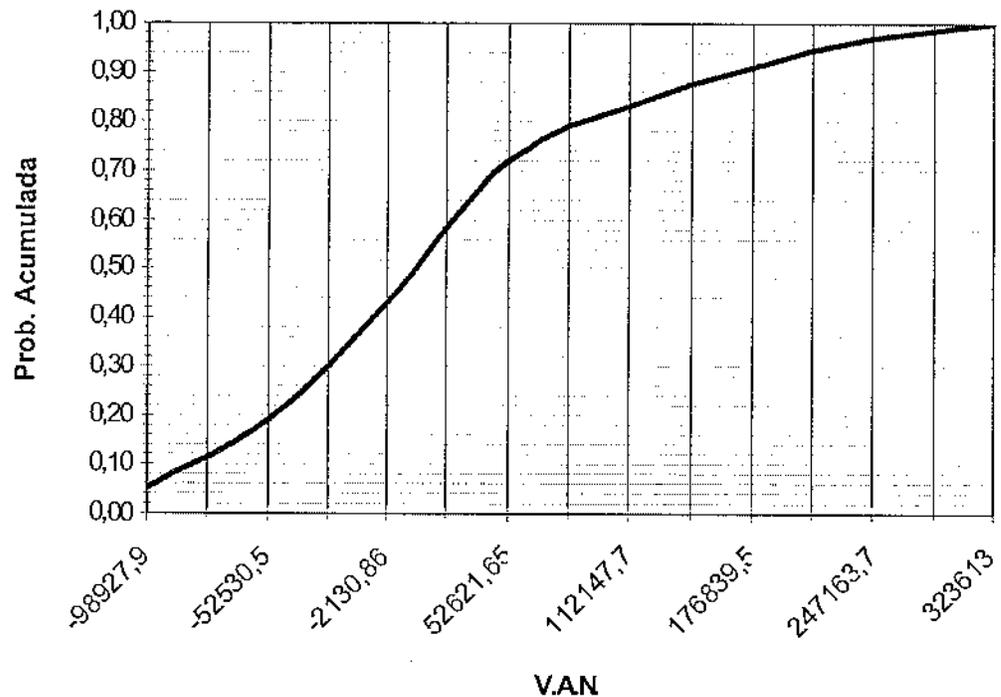


- La función acumulada de probabilidad, muestra la probabilidad de que un valor determinado del VAN, la TIR o la Utilidad, se encuentran por debajo de un valor específico con respecto a la variación del precio y determina el área esperada sobre el que la inversión genera expectativas de retorno y factibilidad.

³⁸ SAVVAKIS – SAVVIDES. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. 1era. Ed. Pg. 15

Gráfico No. 2.2

FUNCION DE PROBABILIDAD ACUMULADA DEL V.A.N.



- Según la función de probabilidad acumulada se advierte que en una proporción del 43% de los casos cae en una región de no factibilidad ($VAN < 0$), y el restante 57% muestra rentabilidad al proyecto, lo que implica que existe un alto grado de riesgo para la inversión que se analiza, como se demuestra más adelante.

En base a estos resultados es posible explicar ciertos elementos de decisión con respecto a inversiones que implican un escenario con un grado de riesgo en cuanto al retorno de la inversión, en este primer ámbito de decisión se tratara el caso como una respuesta a la función de probabilidad generada. “Con la aplicación del análisis del riesgo y la cuidadosa consideración del componente de riesgo en las principales variables se puede establecer una base sólida sobre la cual se puede evaluar el riesgo”³⁹, dicha base se sustenta en la función de probabilidad que se ha generado con el muestreo Montecarlo.

En este entendido el criterio de decisión, al utilizar la tasa de descuento para tener en cuenta el riesgo sistemático en el método determinístico, permite mantener su validez y comparabilidad, con el método probabilístico; sin embargo la decisión de inversión final depende de la predisposición del inversor con respecto al riesgo, es decir si uno es amante al riesgo escogerá aquel proyecto con retornos altos con un alto grado de riesgo e inversamente si el inversor tiene aversión al riesgo elegirá la alternativa con retornos menores pero un mayor grado de certidumbre.

³⁹ SAVVAKIS – SAVVIDES. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. 1era. Ed. Pg. 16

Así es posible identificar tres posibles situaciones de acción y bajo un criterio racional determinar la propensión a la inversión para un proyecto determinado:

Primero El proyecto se acepta si la distribución de probabilidades del valor actual neto es mayor que cero, es decir que la inversión planeada demuestra tener un VAN factible aún en la peor situación, es decir al nivel más bajo de rentabilidad.

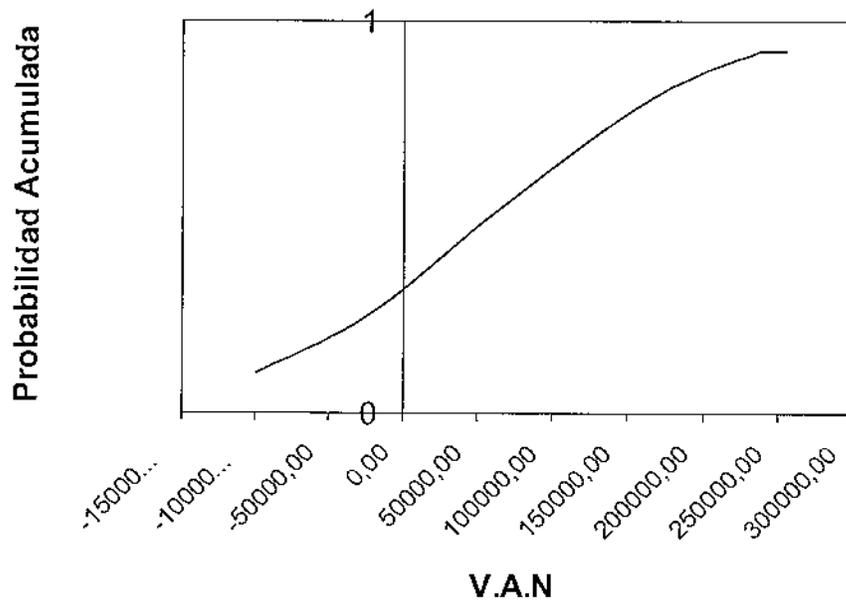
Segundo El proyecto se rechaza si la distribución de probabilidades del valor actual neto es menor que cero, dado que en el mejor de los casos la rentabilidad del proyecto no es factible.

Tercero El proyecto se encuentra en una decisión intermedia, ya que el valor mínimo de rentabilidad es negativo y el máximo positivo, por lo que existe una situación riesgosa (en caso de contar con una probabilidad) por lo que la decisión depende de la actitud del inversionista con respecto al riesgo.

En el caso que se analiza, nos encontramos en la tercera situación, por tanto para un mejor análisis veamos lo que ocurre ajustando los datos (en función a las características de los resultados obtenidos) a una función de distribución, que de acuerdo con las características resultantes es una distribución normal⁴⁰, (véase cuadro anexo 2.6):

Gráfico No. 2.3.a

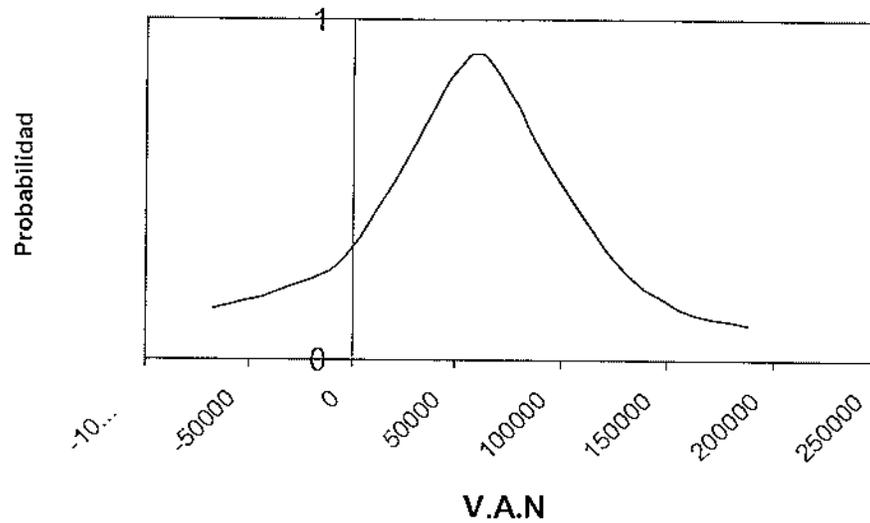
CRITERIO DE DECISION DE INVERSION



⁴⁰ La prueba de bondad de ajuste se efectúa mediante el uso del Test Chi Cuadrado a niveles de confianza de 90 y 95%. (Ver anexo 2.5)

Gráfico No. 2.3.b

CRITERIO DE DECISION DE INVERSION



Según los diagramas descritos existe una situación de riesgo respecto a la inversión, en este entendido, en el caso de la probabilidad acumulada los puntos máximos y mínimos de la distribución de los valores actuales demuestran tener retornos tanto positivos como negativos, por lo que la decisión debe basarse en la actitud individual de los tomadores de decisiones en lo que se refiere a enfrentar el riesgo.

La distribución de probabilidades del gráfico 2.3 b muestra una mayor área de factibilidad, ya que la distribución se concentra en el área positiva de los retornos del proyecto, lo que implica que es posible internalizar el

riesgo al flujo de caja del proyecto, pues frente a movimientos cíclicos del precio aún el proyecto resulta con pagos favorables al inversionista; sin embargo el riesgo que entraña esta situación es también mayor pues existe un alto grado de dispersión respecto a la tendencia central del V.A.N., lo que explica que este indicador así como la TIR resultan altamente sensibles a variaciones en los precios, puesto que una variación tan sólo del 6% en las cotizaciones pronosticadas consiguen generar una situación de inestabilidad, al ingresar en la región de rechazo en lo que respecta a la función de probabilidad, así se puede afirmar que un descenso en el precio genera un descenso proporcionalmente mayor en el retorno de la inversión.

Los procesos de decisión bajo situaciones de riesgo, según lo analizado, se pueden definir como procesos estocásticos, puesto que “no se conoce perfectamente el estado que adoptará la naturaleza, pero se los puede asociar a una distribución de probabilidad”⁴¹, como es el caso del muestreo Montecarlo. En función a la distribución probabilística obtenida, el inversor debe elegir aquella acción que maximiza su rentabilidad en torno a la inversión propuesta, decisión que adopta como agente racionalmente económico frente a los escenarios de riesgo ahora cuantificados.

En síntesis el análisis de riesgo tiene relación con las probabilidades de obtener un determinado retorno esperado, con respecto a la inversión, así el riesgo se puede entender como “la variabilidad de los futuros retornos de una inversión en torno a su valor esperado”⁴².

4.2 LA MEDICIÓN DEL RIESGO

En el marco de las inversiones el riesgo es definido como la “variabilidad de los flujos de caja reales respecto a los estimados”⁴³. Dicha variabilidad involucra situaciones inciertas respecto al comportamiento de las variables por lo que se hace necesario asociar los flujos de caja (inciertos) a una distribución de probabilidades. Es evidente que una mayor variabilidad o dispersión de los flujos de caja implica un riesgo mayor por lo que una de las primeras formas de medición del riesgo esta constituida por la desviación estándar, expresada como:

$$\sigma = \sqrt{\sum_{x=1}^n (Zx - \varepsilon)^2 \rho_x} \quad (1)$$

⁴¹ PRAWDA, Juan. *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 27.

⁴² PASCALE, Ricardo. *Decisiones Financieras*. 1era. Ed. Pg. 130.

Donde :

Z_x , es el flujo de caja actualizado de la posibilidad x .

ε , es el valor esperado (medio) de la distribución de probabilidades de los flujos de caja obtenidos para cada escenario (variación de los valores de las variables de alto riesgo)

$$\varepsilon = M \left[\sum_{x=1}^n FC_x \rho_x \right] \quad (2)$$

Donde:

ρ_x , es la probabilidad (para el caso de estudio simulada por Monte Carlo)

De esta forma se obtendrá la variabilidad de los flujos de caja de una inversión respecto de los probables cambios de las variables de alto riesgo.

⁴³ SAPAGH CHAIN, Nassir – Reinaldo. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg. 295

Según este análisis se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro No. 2.5

CALCULO DEL VALOR ESPERADO

Variación del Precio	F.C. Actualizado	Probabilidad Relativa	Valor Esperado
-10%	-98,927.87	0.05	-4,946.39
-8%	-52,530.45	0.14	-7,354.26
-6%	-2,130.86	0.24	-511.41
-4%	52,621.65	0.29	15,260.28
-2%	112,147.66	0.11	12,336.24
0%	176,839.54	0.08	14,147.16
2%	247,163.73	0.06	14,829.82
4%	323,612.95	0.03	9,708.39

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con (2), se tiene que el valor esperado para la variación de los valores actuales o flujos actualizados, es:

$$\varepsilon = 53,469.83 \text{ \$us}$$

El valor esperado sintetiza la información contenida en la distribución de probabilidades del muestreo de Montecarlo. En el caso base alcanza a 53.469.,3 \$us y representa la suma de la pérdida esperada -12.812,06 \$us y el beneficio esperado (66.281,90 \$us), según este resultado se puede

decir que existe una adecuada respuesta de la inversión frente a la situación de riesgo generada; sin embargo el valor esperado por sí mismo “sólo puede ser una estimación certera en situaciones cuando la inversión propuesta puede ser llevada a cabo varias veces”⁴⁴. En tal sentido se utiliza la desviación estándar como una primera corrección de los escenarios tenues que genera el valor esperado. Así se obtiene:

Cuadro No. 2.6

CALCULO DE LA DESVIACION ESTANDAR

Variación del Precio	$Zx - \varepsilon$ (\$us)	$(Zx - \varepsilon)^2 \rho x$ (\$us)	σ (\$us)
- 10 %	-152,397.70	1,161,253,004.65	34,077.16
- 8 %	-106,000.28	1,573,048,420.23	39,661.67
- 6 %	-55,600.69	741,944,913.58	27,238.67
- 4 %	-848.18	208,630.52	456.76
- 2 %	58,677.83	378,739,602.92	19,461.23
0 %	123,369.71	1,217,606,754.60	34,894.22
2 %	193,693.90	2,251,039,527.83	47,445.12
4 %	270,143.12	2,189,319,098.53	46,790.16
	Σ	9,513,159,952.87	

Fuente: Elaboración propia

⁴⁴ SAVVAKIS – SAVVIDES. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. 1era. Ed. Pg. 22

Utilizando la ecuación (1) se tiene que la desviación estándar es:

$$\sigma = 97.553,43 \text{ \$us}$$

El uso de la desviación estándar o la varianza es indiferente pues ambos indicadores implican que un mayor grado de dispersión entraña un riesgo mayor, pero al igual que en el razonamiento del valor esperado el uso de la desviación estándar o la varianza como medidas de riesgo por sí mismas puede conducir a situaciones erróneas ya que no se discrimina la decisión en función al valor esperado lo que significa que dos alternativas con valores esperados diferentes pueden presentar una misma desviación estándar, por otra parte para un único proyecto no existe una regla general que nos indique una mayor o menor variabilidad de la desviación estándar con respecto al valor esperado.

Por esta razón es preciso identificar un criterio complementario a dicha medida y es en este contexto que surge el cálculo del coeficiente de variación que introduce el valor esperado eliminando la imperfección que presenta el uso de la desviación estándar, dicho coeficiente de variación es definido como :

$$v = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad (3)$$

Este coeficiente indica que cuanto mayor es el grado de variación mayor es el riesgo del proyecto, lo que hace necesario, castigar el flujo de caja actualizado por un valor que introduzca el riesgo al proceso de evaluación de la inversión, es decir calcular una prima por riesgo a través de lo que se denomina el costo de capital, que es una variable que incorpora la variación de los flujos de caja respecto a las variables de alto riesgo. Según este análisis se tiene un coeficiente de variación igual a:

$v = 1.824120676$

De acuerdo con este resultado se aprecia que existe un grado de riesgo, considerable, en el proyecto. El coeficiente de variación es en este sentido una unidad de medida de la dispersión relativa mientras mayor sea el coeficiente de variación será diferente, mayor será el riesgo relativo.

El coeficiente de variación muestra la posibilidad de ganar o perder cierta cantidad por cada dólar del valor esperado, así en el caso de, existe un margen de perder o ganar 1.82 \$us, con respecto al valor de la Empresa, en el caso de que exista una pérdida en un 43% de las probables

variaciones del precio o en un 57% en el caso inverso, según los resultados de la simulación del muestreo Montecarlo.

4.3 INTERNALIZACIÓN DEL RIESGO EN EL FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO.

Ahora bien se toda vez que se ha determinado la existencia de un riesgo en el proyecto, surge la etapa más difícil del análisis que es la introducción de este en el valor del proyecto, a fin de prever sus efectos negativos en la rentabilidad de la inversión⁴⁵.

En este ámbito existen diferentes metodologías para tratar el riesgo, en la presente investigación dado que se ha partido de un modelo probabilístico se plantea un método basado en decisiones de tipo estadístico. “Los métodos basados en mediciones son quizás los que logran superar en mejor forma, aunque no definitivamente, el riesgo asociado a un proyecto”⁴⁶, de este modo se plantea la incorporación de un factor denominado prima por riesgo mediante el modelo de inversión precio, que

⁴⁵ Al referir el término de efectos negativos, significa el hecho de tomar en cuenta las variaciones que causan pérdidas en el retorno de la inversión, dado que el concepto global de la dimensión del riesgo involucra también probables ingresos y por tanto retornos mayores de la Inversión.

⁴⁶ SAPAG CHAIN, Nassir – Reinaldo. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. 2da. Ed. Pg. 298

estima una prima en función al costo de capital de una firma y las dispersiones de las diversas alternativas de rentabilidad del proyecto.

El modelo desarrollado por William P. Blacutt “define el riesgo como la variabilidad en la rentabilidad de una inversión y plantea que el inversionista puede reducir su riesgo diversificando sus inversiones que aporta a un portafolio de inversión”⁴⁷ Quirin y Harris, adoptan la desviación estándar y el coeficiente de variación como un primer indicador del riesgo según lo desarrollado en líneas anteriores, así un coeficiente de variación alto se halla vinculado con altos niveles de riesgo por lo mismo un descenso en el valor esperado de la empresa en relación al coeficiente de variación puede incrementar también el nivel de riesgo.

Se puede afirmar que en una inversión que entraña una situación de riesgo, las acciones o valores de la Empresa hacen que se “demande una tasa de retorno mínima”, que varia según las características del uso de la inversión, el tipo de riesgo y la estructura de capital, por lo que esta tasa no es nada más que el costo de capital de una inversión, “por lo que los

⁴⁷ GONZALES, Victor H. *Internalización del Riesgo de Variaciones en la Ley de Cabeza en un Proyecto Minero*. Tesis U.M.S.A. Pg. 85.

poseedores de acciones demandaran sobre sus inversiones de capital un retorno de acuerdo al grado de riesgo”⁴⁸

El costo de capital así entendido es la tasa de retorno necesaria para mantener el valor de la Empresa (precio de las acciones de la compañía) en el mercado. Esta tasa por tanto permite tomar decisiones de presupuesto de capital por lo que es un instrumento que permite establecer la estructura óptima de capital. Esta tasa se calcula como el promedio ponderado de las diversas componentes del capital (pasivos, acciones y dividendos distribuidos).

$$K = \sum \omega_i k_i \quad (4)$$

Dónde : ω , ponderación (%) de la estructura total según tipo de capital
 k , costo de capital para cada fuente de capital.

El valor de k , varía según el tipo de capital que compone el valor de la empresa, siendo la estructura fundamental conformada por el costo de los pasivos (costo de la deuda), el costo de las acciones preferenciales en torno al mercado y el costo del capital patrimonial (que involucra la distribución

⁴⁸ OP. Cit. HARRINGTON D. E. *Modern Portfolio Theory and the Capital Asset Pricing Model*. Por Blacutt 1993.

de dividendos y la emisión de acciones comunes). A esta estructura general, es posible incorporar el factor de riesgo, de modo tal que el costo de capital se puede calcular a partir de la siguiente relación:

$$K = K^* + \beta v \quad (5)$$

Dónde: K , es el costo de capital internalizando el riesgo.

K^* , es el costo de capital sin incorporar el riesgo.

β , es el coeficiente de riesgo de la Empresa.

v , es el coeficiente de variación de la empresa

Esta relación permite determinar el grado de variación del costo de capital a causa de fluctuaciones en las variables de alto riesgo, así el valor de β muestra una relación directa (positiva) ya que un incremento en la dispersión del retorno de la Empresa o una disminución del valor esperado significan un valor mayor del coeficiente de variación y por tanto un riesgo mayor, según los elementos vertidos anteriormente, situación que traduce en una elevación del costo de capital de la empresa.

El índice β , se calcula, para relacionar los movimientos históricos del precio de unas acciones con los movimientos de un índice general de

precios de mercado, de modo que se desarrolla un modelo para calcular dicho índice tomando quince Empresas (ver cuadro anexo 2.3), con altos niveles de inversión en función a que las inversiones mineras pertenecen a este grupo empresarial por los niveles de capital que se requieren, así:

$$K' = 0.067771 + 0.767882 v \quad (6)$$

Utilizando esta ecuación y con los datos del cuadro 2.6, se obtiene un coeficiente de variación y un costo de capital asociado a cada una de las variaciones del precio, así se obtiene un costo capital promedio de 51.7% que representa el costo de capital esperado frente a las fluctuaciones de los precios con respecto al valor esperado de la Empresa.

Cuadro No. 2.7

**COEFICIENTE DE VARIACION Y COSTO DE CAPITAL
ASOCIADO CON CADA VARIACION DEL PRECIO**

Variación del precio	Coefficiente de Variación	Costo de capital K
- 10 %	0.6373156	55.72%
- 8 %	0.7417579	63.74%
- 6 %	0.5094211	45.89%
- 4 %	0.0085424	7.43%
- 2 %	0.3639666	34.73%
0 %	0.6525964	56.89%
2 %	0.8873250	74.91%
4 %	0.8750758	73.97%

Fuente: Elaboración Propia

Ahora bien las implicaciones económicas derivadas del proyecto se determinan a través de los cambios en el coeficiente de variación.

Una vez que se internaliza el riesgo para ello se encuentra un costo de capital revisado que incorpora el costo de las fluctuaciones en el valor de la empresa, siguiendo a Blacutt dicho costo se expresa por la relación:

$$K' = K * + \beta \left(\frac{\sigma'_E}{\xi} \right) \quad (8)$$

Esta expresión refleja el costo de capital, que se produce al relacionar el valor esperado de la empresa con el valor del proyecto, de modo tal que se internaliza en un costo por riesgo las fluctuaciones del precio. Los parámetros están definidos mediante las siguientes ecuaciones:

$$\xi = \varepsilon + \text{VAN} \quad (9)$$

$$\sigma'_E = \sqrt{\sigma_\varepsilon^2 + \sigma_p^2 + 2\rho\sigma_\varepsilon\sigma_p} \quad (10)$$

Dónde:

ξ , valor total de la empresa o nuevo valor esperado.

σ'_E , desviación estándar del nuevo valor esperado.

σ_ε , desviación estándar del valor esperado de la empresa.

σ_p , desviación estándar del valor del proyecto

ρ , coeficiente de correlación entre el valor del proyecto y el valor esperado de la empresa.

Cuadro No. 2.8
VALOR ESPERADO Y V.A.N.
ASOCIADO A LAS VARIACIONES DEL PRECIO

Variación del Precio	V.A.N.	Valor Esperado
-10%	-98,927.87	-4,946.39
-8%	-52,530.45	-7,354.26
-6%	-2,130.86	-511.41
-4%	52,621.65	15,260.28
-2%	112,147.66	12,336.24
0%	176,839.54	14,147.16
2%	247,163.73	14,829.82
4%	323,612.95	9,708.39

Fuente: Elaboración Propia

Utilizando los datos de este cuadro se obtienen los parámetros del modelo:

Cuadro No. 2.9
CALCULO DEL NUEVO COSTO DE CAPITAL
(OBTENCION DE LOS PARAMETROS)

σ_{ϵ}	=	9.417,41	\$us
σ_p	=	147.847,81	\$us.
ξ	=	230.309,37	\$us
σ'_E	=	155.027,57	\$us
ρ	=	0,74905505	
v'	=	0,67312749	

Considerando los resultados obtenidos, aplicando la ecuación (8), se obtiene el nuevo costo de capital :

$$K' = 0,58465348$$

A partir de este costo de capital se ha conseguido internalizar el riesgo sobre el costo inicial, incrementando de esta forma el costo de la empresa con el riesgo ya que las variaciones en los parámetros de alto riesgo (para el caso base el precio), provocan cambios en el costo de la empresa (ΔCe), que se expresan mediante la siguiente relación:

$$\Delta Ce = \varepsilon \cdot (K' - K) \quad (11)$$

De dónde se obtiene un valor de 3639.90 \$us, que representa el incremento en el costo de la empresa por incorporar el riesgo; sin embargo por si mismo este valor no es representativo por lo que debe ser descontado al flujo de caja neto, así pues para poder obtener la verdadera contribución del proyecto a la inversión se debe obtener un nuevo VAN restando la variación del costo de la Empresa al flujo de caja del proyecto es decir:

$$VAN_{rev} = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{(FC - \Delta Ce)_t}{(1 + K')^t} \quad (12)$$

A partir de esta relación se obtiene un VAN, probable considerando la variación del costo de la Empresa frente a los escenarios que generan las fluctuaciones de las variables de riesgo, así se tiene que el nuevo VAN según la ecuación (12) es:

$$\text{VAN}_{\text{rev.}} = 103.446,54 \text{ \$us}$$

Toda vez que se ha calculado la contribución del proyecto a la Empresa es posible determinar una prima por riesgo, que no será nada más que la diferencia entre el VAN inicial del proyecto que no considera el factor riesgo y el VAN revisado que incorpora un costo de capital con riesgo es decir:

$$\mathfrak{R} = \text{VAN} - \text{VAN}_{\text{rev}}$$

$$\mathfrak{R} = 73.393,00 \text{ \$us}$$

La prima por riesgo representa el costo adicional, como parte de los retornos del proyecto, que debe pagar el inversionista si decide invertir en el proyecto, esta prima como su nombre lo indica tiene la función de cubrir las situaciones de riesgo que generan el descenso en el retorno del proyecto, por lo que forma parte de una inversión adicional al activo diferido por tanto debe ser devuelta al proyecto, el uso económico de esta

cuantía tiene la finalidad de liberar del riesgo al inversionista quien debería estar dispuesto a ceder este valor en caso de que las fluctuaciones afectan de forma negativa al flujo de caja de la inversión lo que ocurre con una probabilidad del 43%, por otra parte esta prima en caso de que las fluctuaciones sean favorables al flujo de caja, deberán retornar al proyecto un beneficio en esa magnitud, lo cual es probable en un 57% de los casos, según los resultados obtenidos por el muestreo de Montecarlo, el monto obtenido para el caso de estudio debería cubrir la caída máxima del precio (10%), sometiéndose a un mercado seguro a una tasa mínima, de este modo se logra cubrir la pérdida en el retorno del proyecto en el caso más desfavorable, así si el valor de la prima por riesgo se somete a una tasa del 2.01% anual de interés compuesto que compensara la inversión del proyecto, generando una situación de equilibrio entre los egresos y retornos del proyecto.

De esta forma nuestras hipótesis quedan demostradas, por lo que una previsión del riesgo, mediante el modelo matemático desarrollado a partir del muestreo Montecarlo, se puede de cierto modo prever las variaciones en el retorno del proyecto provocadas por las fluctuaciones de variables de alto riesgo a las que la inversión es altamente sensible.

CAPITULO III**LA FUNCION DE UTILIDAD**

La utilidad en un sentido amplio es entendida como la satisfacción o beneficio que se puede obtener al realizar una transacción económica; la utilidad es la base del valor que un individuo confiere a los bienes y servicios que consume, a lo largo de la historia de la economía el concepto de utilidad ha tenido una importancia destacada porque su creación permitió a Alfred Marshall y a sus discípulos superar las limitaciones de la teoría del valor trabajo y de otros modelos que partían de los factores de producción y de la demanda como factores claves en la determinación de los precios y de los demás indicadores del valor.

El criterio de optimización, tiene su raíces en el análisis económico, puesto que surge a partir de los postulados esbozados por los marginalistas quienes parten del principio de la maximización de los beneficios según la racionalidad económica, en este sentido el accionar de los diversos agentes económicos esta motivado por conseguir la máxima utilidad, misma que se puede traducir en el concepto de la utilidad óptima.

En el ámbito de los modelos cuantitativos de decisión se han desarrollado una diversidad de elementos tendientes a la optimización de una determinada actividad; más, por todo lo descrito anteriormente el proceso de toma de decisiones es complejo primero porque se requiere un amplio sistema interactivo de información segundo porque en “nuestra sociedad contemporánea el ambiente político, económico, tecnológico y los factores competitivos interactúan en forma bastante complicada”.¹

Los modelos de optimización buscan incorporar ciertos elementos lógicos y cuantitativos a fin de que el tomador de decisiones enfrente una dimensión real y amplia acerca de la actividad que va a desarrollar y por tanto sobre la elección que va a tomar, la teoría de decisiones tiene que ver con la elección de una acción óptima que es tal cuando posee la utilidad esperada más alta. “El concepto de optimalidad es importante para que se pueda efectuar análisis teóricos y aplicados de los problemas de política respecto al público; pero también ayuda a comprender el comportamiento de los los diferentes agentes económicos”²

¹ MOSKOWITZ – GORDON. *Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 4

² BAUMOL, William. *Teoría Económica y Analisis de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 3

Este capítulo a partir de los elementos discutidos y presentados en el capítulo anterior intenta presentar una alternativa de decisión tomando en cuenta la actitud del inversionista frente al riesgo y su comportamiento frente a una función de utilidad. La utilidad, beneficio o ganancia en este sentido es el centro que motiva a las empresas a buscar decisiones que signifiquen una ganancia mayor, “una empresa es una unidad cuyas decisiones están orientadas a obtener ganancias”³ por tanto bajo el criterio de optimización se buscara la situación de uso potencial de los factores precisamente para maximizar su ganancia.

1. LA FUNCION DE UTILIDAD DE NEWMAN – MORGENSTERN

Hasta aquí se ha analizado el criterio del valor esperado como criterio de decisión, aceptando que en el largo plazo el beneficio promedio debería tender al valor monetario esperado; “sin embargo y casi en su generalidad los agentes económicos son aversos al riesgo en especial cuando este les puede resultar catastrófico, de manera que tienden a evitar acciones que impliquen altos riesgos”⁴

³ EMERY E. David. *Principios de Economía: Microeconomía*. 1era. Ed. Pg. 142

⁴ DALLENBACH – GEORGE – MCNIKLE. *Introducción a Técnicas de Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg. 318

Es en este marco que cabe presentar una función de utilidad que muestre cual debería ser el beneficio de la inversión si el tomador de decisiones frente a una situación de riesgo, es así que se plantea la función de Utilidad de Newman – Morgenstern.

Von Newman y Morgenstern quienes desarrollaron las bases de la teoría de juegos⁵ junto a otros teóricos “en sus trabajos han encontrado que siempre surgen cuestiones de riesgo”⁶, por lo que es evidente formular una función que determine la utilidad de una acción en otras palabras una utilidad cardinal, que vaya más allá de las preferencias individuales que implica la utilidad ordinal neoclásica, este hecho obedece a que las situaciones de riesgo, como se analizó en el capítulo anterior, son normalmente determinadas a través de una función de probabilidad. La función de Newman – Morgenstern o índice N-M esta destinada a efectuar pronósticos y predicciones, con respecto a la elección de una alternativa de decisión riesgosa, a través de una distribución de probabilidades.

⁵ La teoría de Juegos “se refiere a condiciones de conflictos de negocios en el transcurso del tiempo. Los participantes son competidores que emplean las técnicas matemáticas y el pensamiento lógico a fin de descubrir la mejor estrategia para vencer a sus competidores.” THIERAUF, Robert. *Toma de decisiones por medio de Investigación de Operaciones* 1era. Ed. Pg. 373

⁶ BAUMOL, William. *Teoría Económica y Análisis de Operaciones*. 1era., Ed. Pg. 404.

La función de utilidad N-M, por medio de procedimientos matemáticos puede predecir la actitud subjetiva respecto de una decisión; sin embargo como sostiene Baumol “solamente las personas de determinada constitución psicológica se comportaran de acuerdo con las predicciones de N-M, por lo que se hacen necesarios ciertos axiomas principales para el uso de esta función de utilidad :

- *Primero*, se parte del supuesto de que las preferencias del tomador de decisiones son transitivas. Si el tomador de decisiones es indiferente entre las alternativas A y B y entre las alternativas B y C, entonces es también indiferente entre A y C.

- *Segundo*, se supone que si existen tres posibilidades A, B y C y el tomador de decisiones prefiere A a B y B a C, entonces debe existir alguna probabilidad (P) tal que el tomador de decisiones sea indiferente entre la certeza de B y la probabilidad de que ocurra A y la probabilidad (1-P) de que C tenga lugar. (Axioma de Continuidad)

- *Tercero*, si el tomador de decisiones es indiferente entre dos eventos, entonces será indiferente entre dos apuestas que son idénticas, (axioma de independencia)

- Cuarto, si el tomador de decisiones se enfrenta a dos eventos idénticos entonces siempre escogerá aquel que tenga una mayor probabilidad de ocurrencia.

Bajo estos supuestos se fundamenta la construcción de una función de utilidad, por lo que se puede afirmar que un tomador de decisiones racional maximizará la utilidad esperada, entendiéndose por tal al resultado de la sumatoria de cada medida de utilidad (v) por su correspondiente probabilidad de ocurrencia, es decir:

$$U(E) = \sum_{i=1}^n v_i P(v_i) \quad (1)$$

El valor de v representa la utilidad cardinal determinada según los cuatro axiomas descritos y es un número se le asigna a un resultado probable de la decisión, por tanto esta función de utilidad muestra las preferencias del tomador de decisiones en cuanto al riesgo que involucra su elección de una alternativa de acción. La determinación de esta medida de utilidad (útil), siguiendo a Mansfield, implica que el tomador de decisiones debe responder a una serie de cuestiones que indican su preferencia con

respecto a un escenario riesgoso de decisión. La medida de la utilidad, se puede encontrar en dos pasos⁷:

Primero, se fija en forma arbitraria la utilidad asignada a dos valores monetarios, asignando el mayor valor al mejor resultado y el menor valor al peor resultado, evidentemente la función varia según los valores asignados; sin embargo el resultado final del análisis sigue siendo el mismo.

Segundo, se presenta al tomador de decisiones una elección entre la certeza de uno de los valores monetarios (VM_x) y una apuesta en la cual los resultados posibles son los valores monetarios de las utilidades fijadas arbitrariamente en el paso 1, esto implica que el tomador de decisiones debe elegir la certeza de VM_x a una apuesta de ganar con una probabilidad P o perder con una probabilidad $(1-P)$, si se elige la apuesta entonces se debe buscar un valor de P tal que sea indiferente elegir la certeza o la apuesta, entonces se tiene:

$$U (VM_x) = P [U (VM_{max})] + (1-P) [U (VM_{min})] \quad (2)$$

⁷ MANSFIELD, E. *Microeconomía*. 1era. Ed. Pgs. 564 - 565

Este paso se efectúa iterativamente hasta concluir con la determinación de las utilidades de todos los escenarios probables de la alternativa de decisión. En el caso de estudio, se asocia, la investigación con el retorno del proyecto (V.A.N.) que constituye para la función N-M, el valor monetario y las probabilidades son las resultantes del muestreo Montecarlo, es así que se tiene, la siguiente información para la construcción de la función N-M:

Cuadro No. 3.1
V.A.N. Y PROBABILIDAD MONTECARLO
SEGÚN ESCENARIO DE PRECIOS

Variación de Precios	V.A.N. (\$us)	Probabilidad P(i) = (%)
-10%	-98,927.87	5%
-8%	-52,530.45	14%
-6%	-2,130.86	24%
-4%	52,621.65	29%
-2%	112,147.66	11%
0%	176,839.54	8%
2%	247,163.73	6%
4%	323,612.95	3%

Fuente: Elaboración propia.

Según esta información se tiene:

$$U = 0.05 U (-98) + 0.14 U (-52) + 0.24 U (-2) + 0.29 U (52) + 0.11 U (112) + 0.08 U (176) + 0.06 U (247) + 0.03 U (323)$$

Siguiendo los pasos descritos anteriormente, se construye la función de utilidad de Newman Morgenstern. Se comienza fijando arbitrariamente una medida de utilidad a los valores extremos, así se asigna un útil de 50 al valor máximo y 0 al valor mínimo.

$$\begin{cases} U(-98,927.87) = 0 \\ U(323,612.95) = 50 \end{cases}$$

A partir de estas medidas de utilidad se analizan los siguientes escenarios a fin de determinar sus utilidades respectivas, siguiendo la metodología descrita en el paso 2. Así se determina $U(-52)$, que corresponde al escenario generado por una caída del 8% en el precio, se parte del supuesto de que el tomador de decisiones parte de la preferencia entre la certeza de una pérdida de 52.530,45 \$us frente a una puesta de obtener una ganancia de 323.612,95 \$us con una probabilidad P o una pérdida de 98.927,87 con probabilidad $(1-P)$, ahora bien el objetivo primero es encontrar el valor de P en el que el tomador de decisiones sea indiferente a la certeza o la apuesta, es decir:

$$P(323.612,95) + (1-P)(-98.927.87) = -52.927.45$$

De dónde se obtiene: $P = 0,10980577$ según el cual el tomador de decisiones será indiferente entre la certeza y el juego (apuesta) dado que en este punto la utilidad esperada del juego es igual a la de la certeza. Según el criterio anterior y bajo el supuesto de que se esta maximizando la utilidad esperada, se tiene por la ecuación (2):

$$U (-52.530,87) = P U (323.612,95) + (1-P) U (-98.927,87)$$

Como $P = 0,10980577$ y además se fijo $U (323) = 50$ y $U (-98) = 0$, se tiene:

$$U (-52.530,87) = 0.10980577 (50) + (1-0.10980577) (0) = 5.49 \text{ [Utiles]}$$

Repitiendo el procedimiento se obtienen los siguientes resultados:

Cuadro No. 3.2
OBTENCION DE LOS VALORES DE UTILIDAD
DE LA FUNCION DE NEWMAN – MORGENSTERN

Variación de Precios	Valores de P	Utilidades v
-10%	0	0,00
-8%	0,10980577	5,49
-6%	0,22908322	11,45
-4%	0,35866244	17,93
-2%	0,49953879	24,98
0%	0,65264087	32,63
2%	0,81907258	40,95
4%	0	50,00

Fuente: Elaboración propia

Fuente: Elaboración propia

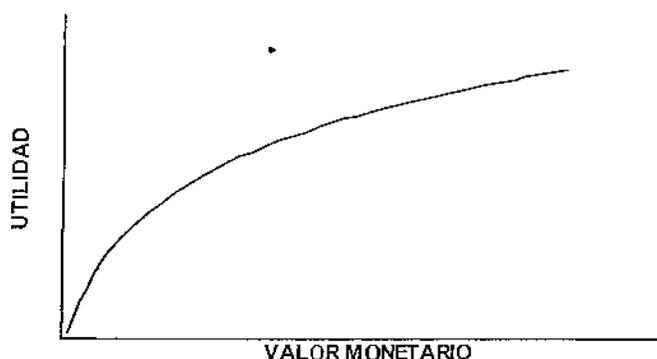
1.1 ANALISIS DE RESULTADOS

Determinados los valores de utilidad de la función N-M, se analizan ahora las implicaciones de estos en cuanto a la actitud del tomador de decisiones frente a escenarios riesgosos. El comportamiento que describe la función respecto al riesgo, puede adoptar una de las tres situaciones siguientes:

Caso 1: Aversión al Riesgo. Los incrementos en la utilidad son decrecientes frente a los incrementos en el valor monetario, es decir que el incremento en la utilidad es menor al incremento en el valor monetario, lo que significa que los agentes económicos buscan escenarios más seguros de alternativas de decisión, entonces la función adopta la siguiente forma:

Gráfico No. 3.1

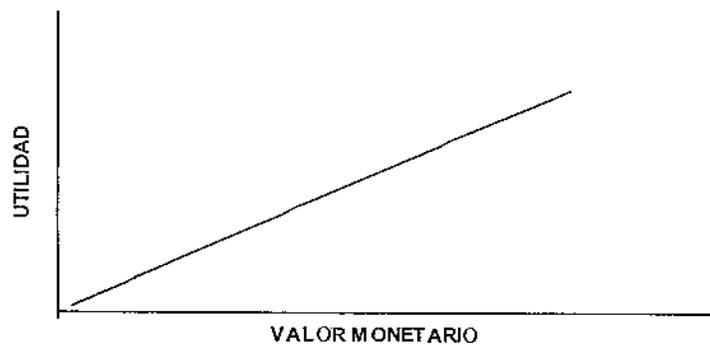
FUNCIÓN N-M DE AVERSIÓN AL RIESGO



En este gráfico se advierte que: $\Delta u < \Delta VM \rightarrow$ Aversión al riesgo.

Caso 2: Indiferencia al Riesgo. Los incrementos en la utilidad son proporcionalmente iguales a los incrementos en el valor monetario, lo que significa que los agentes económicos son indiferentes al riesgo, pues existe una función lineal entre la utilidad y el valor monetario, por tanto en esta situación se maximiza el valor monetario sin importar el riesgo, así la función N-M, esta dada por:

Gráfico No. 3.2

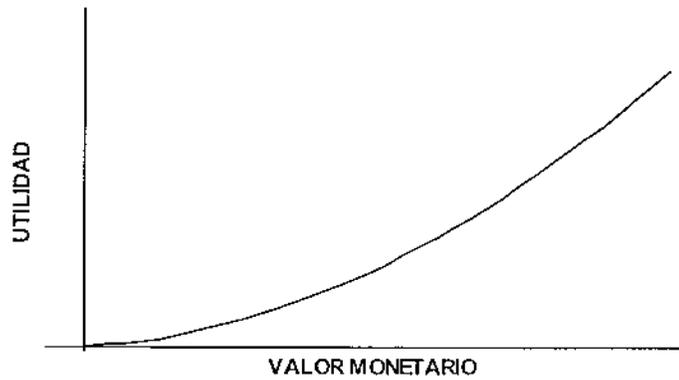
FUNCIÓN N-M DE INDIFERENCIA AL RIESGO

En este gráfico se advierte que: $\Delta u = \Delta VM \rightarrow$ Indiferencia al riesgo.

Caso 3: Aprehensión al Riesgo. Los incrementos en la utilidad son proporcionalmente mayores a los incrementos en el valor monetario, en esta situación los agentes económicos se denominan amantes del riesgo y prefieren maximizar la utilidad esperada frente al valor monetario:

Gráfico No. 3.3

FUNCIÓN N-M DE APREHENSION AL RIESGO

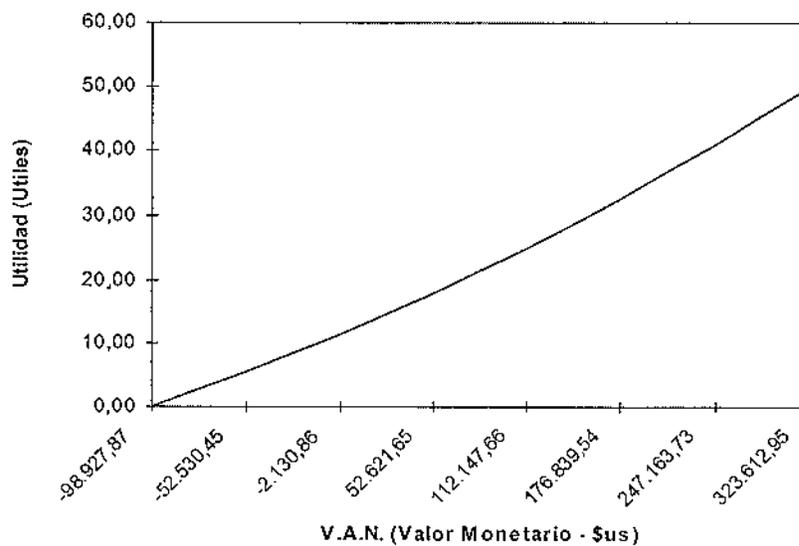


En este gráfico se advierte que: $\Delta u > \Delta VM \rightarrow$ Aprehensión al riesgo.

Bajo este análisis se determina la función para el caso base de estudio, con el objeto de determinar la situación del proyecto frente al riesgo:

Gráfico 3.4

FUNCIÓN DE UTILIDAD N-M: CASO BASE



Según el gráfico se aprecia que cierto grado de aprehensión al riesgo pues incrementos en el valor monetario (expresados en el V.A.N.) muestran incrementos un tanto mayores en la utilidad (en términos proporcionales), por tanto el tomador de decisiones es un amante o buscador del riesgo.

“Esto implica que la utilidad de una cantidad dada de ganancia es mayor que la desutilidad de una cantidad de pérdida”⁸ de aquí se infiere que el tomador de decisiones valora, subjetivamente, en forma más alta sus beneficios monetarios, a pesar del hecho de existir la probabilidad de una pérdida.

Finalmente se utiliza la función de Newman – Morgenstern para determinar si se debe aceptar o rechazar la inversión propuesta, bajo el criterio de optimización vale decir maximizando la utilidad esperada, en este plano se presentan dos alternativas aceptar la inversión si la utilidad esperada es mayor a la de no ejecutar dicha inversión, en cuyo caso la utilidad será igual a cero. Utilizando la ecuación (1), se tiene que la utilidad esperada es:

⁸ MOSKOWITZ – WRIGHT. *Investigación de Operaciones*. 1era. Ed. Pg157.

$$U (E) = 0 (0,05) + 5,49 (0,14) + 11,45 (0,24) + 17,93 (0,29) + \\ 24,98 (0,11) + 32,68 (0,08) + 40,95 (0,06) + 50 (0,03)$$

$$\rightarrow \boxed{U (E) = 18.03}$$

Según lo expuesto anteriormente la utilidad esperada de efectuar la inversión es de 18,03 y la utilidad de no realizarla es cero, de acuerdo con el gráfico 3.4, por consiguiente es favorable efectuar la inversión dado que bajo el principio de maximización de utilidades se debe elegir la acción de mayor utilidad esperada, así de este modo se consigue optimizar la utilidad de la inversión en un escenario riesgoso.

2. CONCLUSIONES DE LA FUNCION DE UTILIDAD

Después de estimar los resultados sobre los criterios de decisión mediante la función de Newman – Morgenstern, se puede concluir que existen diversas razones para utilizar la utilidad esperada como una función objetivo razonable en problemas que se desarrollan en escenarios de riesgo e incertidumbre.

“El hecho de que los resultados de una elección aleatoria sean bienes que se consumen en circunstancias diferentes significa que a la larga sólo va a producirse realmente uno de esos resultados”⁹, por lo que cada resultado es independiente de los demás, es decir que cada decisión es independiente de la riqueza o retorno que se pudiera obtener en otro estado de la naturaleza, como el caso de no invertir o invertir en otra actividad, este supuesto se denomina *supuesto de la independencia*, y conduce naturalmente a la función de utilidad descrita en la ecuación (1).

De acuerdo con lo expuesto la función de N-M, permite determinar la utilidad esperada que satisface la propiedad de que la relación marginal de sustitución entre dos alternativas de decisión es independiente de la riqueza obtenida en una tercera alternativa, así la decisión óptima será aquella que conduzca a la máxima utilidad esperada. Este criterio, en el ámbito de la teoría de decisiones vierte los elementos necesarios para un adecuado sistema de elección de alternativas y una valoración amplia de proyectos de inversión, puesto que conjuntamente el análisis de riesgo es posible determinar ciertos elementos que complementan al proceso de evaluación de una inversión ya que a través de este análisis es posible:

⁹ VARIAN. *Microeconomía Intermedia*. 1era. Ed. Pg. 250.

- Acentuar la toma de decisiones en proyectos, así un proyecto cuyo VAN es mínimo puede ser aceptable después de efectuar un análisis de riesgo dado que la probabilidad de obtener un VAN negativo es menor que la de obtener un VAN positivo.
- Generar un ahorro en cuanto al valor monetario de la información cuando este resulta ser muy elevado con respecto a la inversión planeada y resalta las áreas que demandan una mayor investigación.
- Identificar nuevas oportunidades de inversión o reformular proyectos para que coincidan con los requerimientos y actitudes del inversionista en cuanto a su predisposición al riesgo.
- Reducir la subjetividad en la valoración y evaluación de un proyecto, mediante la generación de eventos aleatorios a través de la simulación, de este modo se intenta ampliar el campo de acción del uso de cifras estimadas como un medio para reflejar la expectativa del analista del riesgo, facilitando la interacción entre este y el inversionista, en pos de obtener mejores resultados en la evaluación de una inversión.



CUARTA PARTE

CONCLUSIONES

CAPITULO IV

EVALUACION DEL MODELO Y CONCLUSIONES

Toda vez que se ha planteado el modelo, cabe evaluar la funcionalidad de este con respecto a los objetivos y el propósito de la investigación, que en resumen muestra un enfoque para tratar las situaciones de inestabilidad que se generan en el retorno de una inversión cuando varían ciertas componentes del flujo de caja, cuyo comportamiento es diferente al esperado o planeado, generando por tanto escenarios de riesgo en el ciclo de un proyecto.

Evaluar un modelo, en un sentido amplio consiste en comparar lo esperado con lo obtenido, en este caso analizar si se han cumplido los objetivos y la hipótesis de la investigación, en función a la solución del problema planteado. En este entendido es necesario probar la validez del modelo, observando si es que los resultados del mismo "predicen o no con cierta exactitud los efectos relativos generados por el diseño del modelo"¹⁰.

¹⁰ PRAWDA JUAN, *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones*" 1era. Ed. Pg 35

En definitiva la evaluación, una vez que han sido probados y controlados todos los elementos constituyentes del modelo, determina el éxito o fracaso del modelo para de esta forma continuar o no con su implementación final.

1. VERIFICACION DE LA HIPOTESIS

A partir de todos los elementos descritos en los modelos desarrollados, se trata ahora de analizar si estos modelos tienen validez al momento de decidir una inversión que se desarrolla en un escenario riesgoso. A este propósito se tiene que a partir del modelo de riesgo, desarrollado en el capítulo 2, se determina la estabilidad o sostenibilidad del proyecto frente a las fluctuaciones de las variables de flujo de caja, este análisis mediante el uso de instrumentos estadísticos permite incorporar el factor riesgo en el proceso de evaluación, mostrando a través del valor esperado el efecto que tienen los movimientos de las variables riesgosas en el retorno del proyecto.

Así pues en el modelo aplicado al caso base se advierte que este muestra un margen de riesgo al generar retornos negativos en la inversión frente a una caída del precio, según el análisis de sensibilidad desarrollado, la virtud del modelo consiste en traducir este comportamiento en términos

de probabilidad a fin de determinar el efecto relativo de las variaciones del precio con respecto a los retornos esperados. Este efecto se traduce en los indicadores cuantitativos del riesgo que muestran un panorama acerca de la dispersión de los retornos esperados, es decir el riesgo, lo que permite que este factor pueda ser incorporado al proceso de evaluación de inversiones, demostrando así la primera parte de la hipótesis planteada.

Bajo este primer resultado, se tiene la parte más compleja del modelo que consiste en internalizar el riesgo al proyecto, más concretamente al proceso de evaluación, para ello se ha optado por la determinación de una prima por riesgo que tiene por objeto preveer en un cierto grado el comportamiento probable de las fluctuaciones de las variables riesgosas en el flujo de caja, esta prevención será posible en la medida que el valor de la prima por riesgo compense el efecto del peor escenario (en este caso la caída máxima del precio) a un valor óptimo con respecto a la inversión inicial del proyecto. En este sentido se tiene lo siguiente:

En el peor de los casos, el proyecto sufre una pérdida del orden del 15,22% con respecto a la inversión inicial. Según el modelo desarrollado y los objetivos de la investigación se admite que con una cierta probabilidad es posible preveer esta situación en el proyecto, mediante el uso de un

modelo adecuado que en este caso es desarrollado a partir del concepto de costo de capital, que incorpora un valor "óptimo" denominado prima por riesgo cuya función es reducir el impacto de las variables riesgosas, bajo esta óptica se estructura el modelo de inversión precio, como una derivación del modelo del precio de los activos de capital, que determina el incremento de la inversión inicial, en un margen menor al impacto del peor escenario de la variable riesgosa, en nuestro caso de aplicación esta prima por riesgo es del orden del 8,2% es decir 50% menor al impacto de la caída mayor del precio.

Por otra parte el efecto compensatorio de esta prima se traduce en un retorno mínimo del 2% lo que implica que es posible ajustar el valor de la prima en función a la tasa pasiva del mercado financiero. De esta forma se consigue internalizar el riesgo en la evaluación del proyecto, quedando así la hipótesis demostrada.

2. CONCLUSIONES

Según lo analizado en los capítulos precedentes de la investigación se deriva que mediante el uso de una metodología adecuada acerca del comportamiento del riesgo, es posible prever las fluctuaciones que este entraña en el retorno de una inversión.

El análisis del riesgo permite de esta forma identificar las oportunidades de inversión y resalta los aspectos que demandan un mayor análisis previo a efectuar una inversión, reduciendo la subjetividad inherente al proceso de evaluación de proyectos.

El estudio del riesgo, se condensa en una metodología que incorpora ciertos elementos y axiomas que tienen por finalidad cuantificar el riesgo e internalizarlo en el proyecto, para ello se ha generado una serie de escenarios en función a la variación del precio en el marco temporal de referencia, utilizando las herramientas que proporciona la estadística derivando en el proceso de simulación de Montecarlo. El muestreo Montecarlo, como una componente del análisis presente permite determinar una forma de tratar el riesgo como un fenómeno aleatorio, simulando la variación de los precios para ajustar esta variación a una distribución de probabilidades, que se constituye en la base para el desarrollo de la investigación.

Sobre la distribución de probabilidades se generan ciertos criterios de decisión que muestran una primera actitud del inversionista con respecto al riesgo, así en los gráficos 2.3^a y 2.3^b, se advierte la existencia de un riesgo de generar situaciones de inestabilidad, las cuales sin embargo, son

susceptibles de compensar mediante una adecuada previsión monetaria, en función a ello se hace necesario determinar una medida de riesgo, en términos de probabilidad, de este modo se desarrolla el criterio del coeficiente de variación que muestra al tomador de decisiones la existencia de un riesgo y la magnitud de ingresar en una pérdida o en una ganancia, sobre su inversión.

Determinada la existencia del riesgo se ha utilizado el criterio vertido por Blacutt en el modelo de inversión precio para internalizar el riesgo al flujo de caja del proyecto, a través del cálculo de un costo de capital y una prima por riesgo, que el inversionista debe estar dispuesto a pagar a fin de liberarse de los efectos que provocan las fluctuaciones del precio.

La prima por riesgo muestra el costo adicional que el inversionista debería pagar a fin de cubrirse de los efectos que provoquen las variaciones del precio u otras componentes del flujo de caja, esta prima se deduce a partir de la incorporación de un costo en el valor de la empresa de 3639,30 \$us, que reduce las perspectivas de retorno en el proyecto, reflejadas en el descenso del V.A.N. .Al someter esta prima a una tasa de retorno mínima (aún por debajo de la tasa de descuento del proyecto), se cubre el efecto de llegar al peor de los escenarios.

Finalmente, a fin de, disminuir los errores a los que puede conducir el criterio del valor esperado, se puede evaluar el proyecto optimizando o la utilidad esperada del proyecto, a través de la función de Newman – Morgenstern, que utiliza este criterio de utilidad en torno al valor monetario (V.A.N.). La construcción de esta función se utiliza para determinar la actitud del inversionista frente a la situación que se le presenta y maximizar su utilidad esperada bajo la perspectiva de ejecutar o no su inversión, de acuerdo con los resultados el escenario es riesgoso pero es probable maximizar la utilidad en las situaciones inestables. Según estas conclusiones queda demostrada la hipótesis planteada

De este modo el análisis del riesgo en cuanto a la internalización de este en el flujo de caja y la evaluación en una función de utilidad, permite obtener un esquema analítico para evaluar los resultados estimados de un proyecto, así el método probabilístico, es una metodología que facilita las pruebas empíricas utilizando límites estadísticos de confianza, lo que reduce significativamente los gastos por obtener información perfecta y el tiempo que demoraría un análisis mayor, mediante los diseños experimentales que proveen los instrumentos de simulación, de este modo es posible tener una eficiente gestión del riesgo.

3. RECOMENDACIONES

Por todo lo analizado se tiene que el efecto final sobre la viabilidad de un proyecto, depende del retorno final de efectivo para el inversionista quien basara su decisión en la información que posee: el riesgo, el retorno esperado o la utilidad esperada. Es así que situaciones carentes de certeza acerca del comportamiento futuro se pueden asociar normalmente a una distribución de los flujos de caja generados del proyecto, analizando múltiples escenarios no sólo con una variable sino con todas las que sean representativas en cuanto al retorno de la inversión.

En este marco se recomienda basar las decisiones de inversión, a fin de aceptar o rechazar una alternativa, en función a un modelo probabilístico que pueda en un cierto grado estimar el comportamiento de variables propias del proyecto a fin de preveer con un margen de confianza el efecto que estas variables puedan causar al retorno de la inversión. En el caso de aplicación, es recomendable mantener un valor de previsión, prima por riesgo, a fin de superar en algun grado la inestabilidad que puedan generar las variables de riesgo en el ciclo del proyecto, hecho que se hace extensivo a inversiones que presentan escenarios de este tipo, en pos de hacer que la inversión sea sostenible en el tiempo que se la ha proyectado.

En razón a que se ha planteado una metodología de análisis sencilla, es posible incorporar un análisis de riesgo al proceso de evaluación de un proyecto como un capítulo adicional en pos de dar un panorama de decisión mayor a un inversionista acerca de la factibilidad de una inversión.

SUGERENCIAS DE TEMAS DE INVESTIGACION DERIVADOS DE LA TESIS:

- Desarrollo de un modelo de riesgos de naturaleza macroeconómica
 - Análisis de efectos monetarios: Tipo de Cambio e Inflación

- Análisis de riesgos sociales en el retorno de una Inversión.

- Análisis del Modelo del Precio de los Activos de Capital y Markowitz, en inversiones de riesgo, en el contexto nacional.

BIBLIOGRAFIA

- ACKOFF RUSSELL L. – SASIENIE MAURICE W. *Fundamentos de Investigación de Operaciones*. Ed. Limusa & A. I. D. 1971
- ANDRADE E. SIMÓN. *Compendio de Proyectos*. Ed. Lucero. 1994
- AQUILANO CHASE. *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*. Ed. Mc. Graw Hill. 1995
- BAUMOL WILLIAM. *Teoría Económica y Análisis de Operaciones*. Ed. Herrera Hnos. Sociedad Internacional para la Dirección. 1977
- BERNSTEIN A. LEOPOLD. *Análisis de Estados Financieros. Teoría, Aplicación e Interpretación*. Ed. McGraw-Hill. 1996.
- BLACUTT WILLIAM. *The Investment – Worth Model: Concepts and Methods for Estimation of Model Parameters*. Oxford University. 1995
- BODIE – MERTON. *Finanzas*. Ed. Prntice Hall. 1999
- BREALEY – MYERS. *Manual de Finanzas Corporativas*. (Tomo I). Ed. Mc. Graw – Hill. 1993
- CANADA JOHN. *Técnicas de Análisis Económico para Administración e Ingeniería*. Ed. Diana. 1979.
- COMSAN. *Estudio Geológico del Yacimiento de Pueblo Viejo*. 1990.
- COOS BU R.. *Simulación un Enfoque Práctico*. Ed. Limusa, 1992.
- CORNELIUS – HULBURT. *Manual de Mineralogía* . Ed. Reverte. 1980.
- DAELLENBACH – GEORGE – MCNICKLE *Introducción a Técnicas de Investigación de Operaciones*. Ed. Cecca. 1987

DAVIS & MCKEOWN. *Modelos Cuantitativos para Administración*. Ed. Iberoamericana. 1984.

DE GARMO P. – CANADA JOHN. *Ingeniería Económica*. Ed. CECSA. 1985

EASTON ALLAN. *Complex Managerial Decisions Involving Multiple Objectives*. Ed. John Wiley & Sons. 1973.

EMERY D. *Principios de Economía. Microeconomía*. Ed. HJB. 1988

EROSSA M. VICTORIA. *Proyectos de Inversión en Ingeniería (su metodología)*. Ed. Limusa. 1997.

GALLAGHER – WATSON. *Métodos Cuantitativos para la Toma de Decisiones en Administración*. Ed. McGraw-Hill. 1980.

GARCIA MENDOZA. *Evaluación de Proyectos de Inversión*. Ed. Mc. Graw Hill Interamericana. 1998.

GOULD, EPPEN, SCHMIDT. *Investigación de Operaciones en la Ciencia Administrativa*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1992

HILLIER F – LIEBERMAN G. - *Introducción a la Investigación de Operaciones*. Ed. McGraw-Hill. 1997.

INFANTE VILLAREAL ARTURO. *Evaluación Financiera de Proyectos de Inversión*. Ed. Norma. 1993.

JENKINS - HARBERGER. *Análisis de Costo - Beneficio de las Decisiones de Inversión*. Harvard Institute for International Development. 1993

JORDAN P. ROLANDO. *El Colapso de la Minería Tradicional y el Surgimiento de la Nueva Minería*.

MILLER – MEINERS. *Microeconomía*. Ed. McGraw-Hill. 1985.

- MONKS J. *Administración de Operaciones. Teoría y Problemas*. Ed. McGraw-Hill. 1988.
- MOSKOWITZ H. - WRIGHT G. *Investigación de Operaciones*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1982
- PAREDES Z. RAMIRO. *Elementos de Elaboración y Evaluación de Proyectos*. Ed. Catacora. 1996.
- PASCALE R. *Decisiones Financieras*. Ed. Macchi. 1992.
- PRAWDA JUAN. *Métodos y Modelos de Investigación de Operaciones (Vol. I y II)*. Ed. Limusa. 1994.
- RENDER – HEISSER. *Principios de Administración de Operaciones*. Ed. Prentice-Hall Hispanoamericana. 1era. Ed. 1996
- S.G.S.. *Auditoría Técnica Empresa Minera San José de Berque*. 1992
- SAPAG CHAIN NASSIR. *Criterios de Evaluación de Proyectos. Como Medir la Rentabilidad de las Inversiones*. Ed. McGraw-Hill. 1993.
- SAPPAG CHAIN, NASSIR – REINALDO. *Preparación y Evaluación de Proyectos*. Universidad de Chile. Ed. McGraw-Hill. 2da. Ed.
- SASIENI – YASPAN – FRIEDMAN. *Investigación de Operaciones. Métodos y Problemas*. Ed. Limusa. 1976.
- SAVVIDES SAVVAKIS. *Análisis de Riesgo en Evaluación de Inversiones*. Development Discussion Paper No. 276. Harvard University. 1988.
- SHIM – SIEGEL. *Administración Financiera*. Ed. McGraw-Hill. 1988.
- SACHS – LARRAIN. *Macroeconomía en la Economía Global*. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana. 1994

SHUBIK MARTIN. *Teoría de Juegos en las Ciencias Sociales Conceptos y Soluciones*. Ed. FCE. 1996.

SOBOL I. *Lecciones Populares de Matemáticas. Método de Montecarlo*. Ed. MIR. 1973.

SUAREZ SUAREZ A. *Decisiones Optimas de Inversión y Financiación en la Empresa*. Ed. Piramide. 1998

TAHA HAMDY A. *Investigación de Operaciones*. Ed. Alfaomega.. 1987.

VALLE LUIS F. – FERNANDEZ LORENA. *Código de Minería*. Ed. A. G. Latina. 1999.

VARIAN HAL R. *Análisis Microeconomico*. Ed. Antoni Bosch. 1992.

VARIAN HAL R. *Microeconomía Intermedia*. Ed. Antoni Bosch. 1987.

ASOCIACION NACIONAL DE MINERIOS MEDIANOS. *MEMORIAS 1990-1996* .

BANCO CENTRAL DE BOLIVIA *BOLETINES DEL SECTOR EXTERNO. 1990 – 1996*.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA. *ANUARIOS 1996 –1998*

METAL RESOURCES TRADING. INC. – *METAL BULLETIN. 1995 – 2.000*

MINISTERIO DE MINERIA Y METALURGIA. *MEMORIAS. 1985 – 1995*



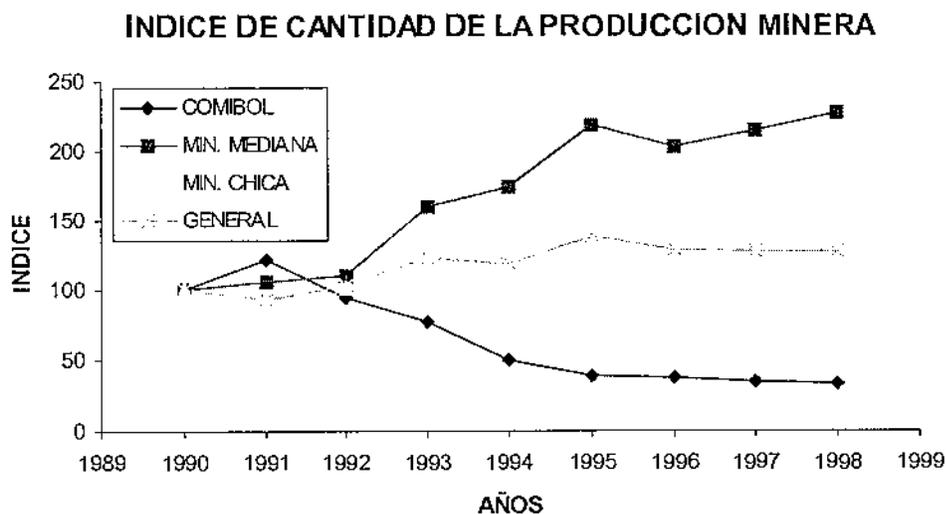
ANEXOS

CUADRO ANEXO 1.1
INDICE DE CANTIDAD DE LA MINERIA SEGÚN SECTOR
(AÑO BASE = 1990)

AÑO	COMIBOL	MINERIA MEDIANA	MINERIA CHICA	GENERAL
1990	100.0	100.0	100.0	100.0
1991	121,2	106,0	74,0	93,2
1992	94,6	109,7	101,4	102,7
1993	76,9	159,8	115,6	122,3
1994	50,5	174,0	108,1	118,1
1995	38,2	218,9	126,1	138,9
1996	36,5	202,2	115,1	127,9
1997	33,9	214,1	108,3	127,8
1998	32,4	227,2	107,1	126,9

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA

Elaboración propia



CUADRO ANEXO 1.2.
INDICE DE CANTIDAD DE LA MINERIA SEGÚN MINERAL
(AÑO BASE = 1990)

Años	Estaño	Plomo	Zinc	Wolfram	Plata	Antimonio	Oro	General
1990	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1991	97,6	104,5	125,0	108,7	108,5	86,2	59,5	93,2
1992	95,8	100,5	138,6	86,9	90,9	71,2	86,3	102,7
1993	108,0	106,6	118,1	29,4	107,2	65,7	151,0	122,3
1994	92,9	98,8	97,0	47,2	113,4	83,4	161,9	118,1
1995	83,6	102,4	140,7	66,9	136,9	76,0	188,5	138,9
1996	85,8	83,1	139,7	64,9	124,4	76,7	160,5	127,9
1997	74,8	93,4	148,8	62,4	124,7	71,0	160,1	127,8
1998	65,6	69,5	146,5	68,0	130,1	56,0	167,7	126,9

Fuente: INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA

Elaboración propia

**CUADRO ANEXO 1.3
CONSUMO MUNDIAL DE WOLFRAM
(ESTRUCTURA PORCENTUAL)**

REGION	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Europa	31,73%	23,12%	21,75%	18,42%	18,24%	9,73%	8,00%	10,60%	2,69%
Asía	54,69%	60,36%	65,77%	68,32%	65,90%	71,98%	72,00%	71,30%	95,57%
Sud Africa	0,23%	0,12%	0,04%	0,03%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Estados Unidos	11,86%	15,28%	11,80%	12,55%	15,20%	17,51%	19,20%	17,34%	1,59%
Otros	1,50%	1,12%	0,64%	0,68%	0,66%	0,78%	0,80%	0,75%	0,15%
Total Mundial	100,00%								

Fuente: VICEMINISTERIO DE MINERIA Y METALURGIA

Elaboración Propia

CUADRO ANEXO 1.4
BOLIVIA: PRODUCTO INTERNO BRUTO POR ACTIVIDAD ECONOMICA (%)

DESCRIPCION	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
A. INDUSTRIAS	81,05	81,37	81,1	81,33	81,54	81,78	81,64	81,83	81,94
Agricultura silvicultura caza y pesca	15,35	16,02	15,10	15,08	15,39	15,04	14,95	14,87	14,76
Extracción de minas y canteras	10,24	9,95	9,92	10,07	9,98	10,42	9,89	10,06	10,06
Industrias manufactureras	16,96	16,89	16,63	16,60	16,66	16,77	16,79	16,65	16,63
Electricidad gas y agua	1,61	1,64	1,68	1,87	1,97	2,06	2,15	2,25	2,35
Construcción y obras publicas	3,07	3,09	3,38	3,43	3,32	3,34	3,63	3,63	3,70
Comercio	8,88	8,99	8,91	8,79	8,78	8,66	8,79	8,68	8,64
Transporte almacenamiento y comunicaciones	9,32	9,43	9,71	9,72	9,84	9,90	10,00	10,15	10,26
Establecimientos financieros, seguros, bienes Inmuebles y serv, prestados a las empresas	10,16	10,00	10,47	10,71	11,09	11,29	11,42	11,73	11,98
Servicios comunales sociales y personales	3,84	3,79	3,91	3,93	3,88	3,81	3,78	3,82	3,82
Restaurantes y hoteles	3,26	3,29	3,41	3,38	3,31	3,34	3,34	3,37	3,38
Servicios bancarios imputados	-1,64	-1,72	-2,02	-2,25	-2,68	-2,85	-3,10	-3,37	-3,63
B. SERVICIOS DE LAS ADMINISTRACIONES PUBLICAS	10,05	9,63	9,86	9,74	9,56	9,35	9,24	9,16	9,05
C. SERVICIO DOMESTICO	0,60	0,58	0,58	0,57	0,56	0,55	0,54	0,53	0,52
TOTAL VALORES BASICOS	91,7	91,58	91,54	91,64	91,66	91,68	91,42	91,53	91,51
DER. S/M. IVAnd IT y otros impuestos indirectos	8,3	8,42	8,46	8,36	8,34	8,32	8,58	8,47	8,49
TOTAL A PRECIOS DE MERCADO	100	100	100	100	100	100	100	100,00	100

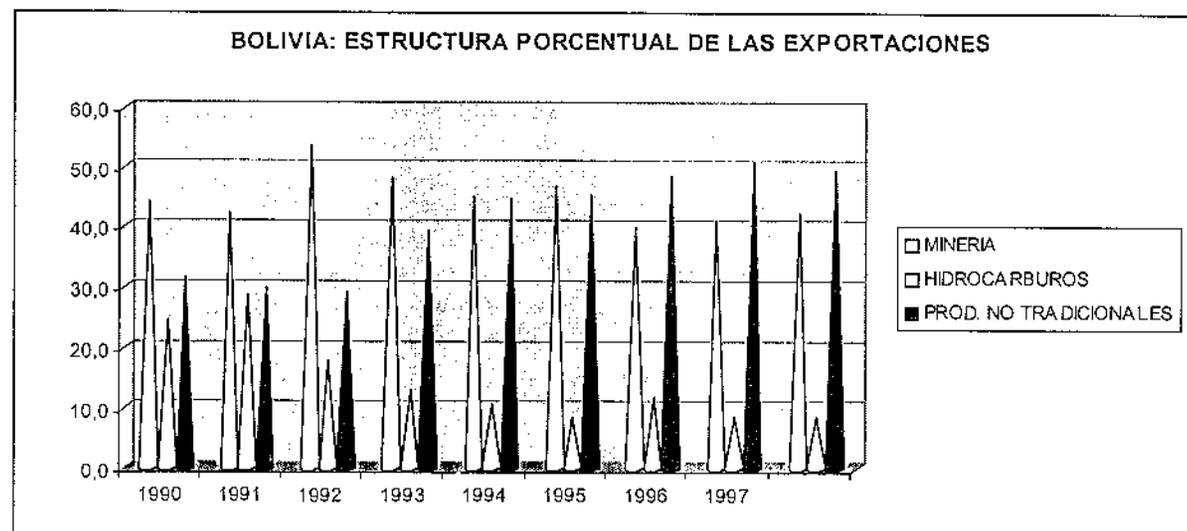
Fuente: Elaboración propia en base a datos del INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA

CUADRO ANEXO 1.5
BOLIVIA: ESTRUCTURA PORCENTUAL DE LAS EXPORTACIONES

SECTOR	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
MINERIA	43,9	42,0	53,3	48,0	44,9	46,5	39,9	41,0	42,2
HIDROCARBUROS	24,5	28,4	17,7	12,8	10,6	8,3	11,7	8,3	8,5
PROD. NO TRADICIONALES	31,6	29,6	29,0	39,2	44,5	45,2	48,4	50,7	49,3
TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Fuente: BANCO CENTRAL DE BOLIVIA

Elaboración propia



CUADRO ANEXO 1.6
PRODUCCION MUNDIAL DE WOLFRAM ESTRUCTURA PORCENTUAL

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
EUROPA	19,88%	20,41%	20,97%	18,11%	17,63%	18,34%	17,25%	14,99%	18,51%
ASIA	71,75%	71,25%	72,19%	77,98%	76,58%	76,26%	76,84%	64,48%	74,98%
AFRICA	0,35%	0,46%	0,59%	0,67%	0,52%	0,51%	0,52%	0,41%	0,46%
OCEANIA	2,16%	0,54%	0,45%	0,07%	0,08%	0,07%	0,08%	0,07%	0,08%
EE.UU.	0,80%	1,04%	0,27%	0,15%	0,14%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%
BOLIVIA	2,46%	2,46%	2,33%	0,88%	1,88%	1,82%	2,11%	1,97%	2,50%
BRASIL	0,63%	0,52%	0,56%	0,75%	0,87%	0,91%	0,96%	0,85%	1,04%
PERU	1,59%	2,85%	2,19%	1,23%	2,09%	1,82%	1,92%	16,95%	2,08%
MEXICO	0,36%	0,45%	0,44%	0,15%	0,21%	0,25%	0,31%	0,27%	0,33%
OTROS	0,01%	0,02%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL MUNDIAL	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

AMERICA: PRODUCCION DE WOLFRAM (ESTRUCTURA PORCENTUAL)

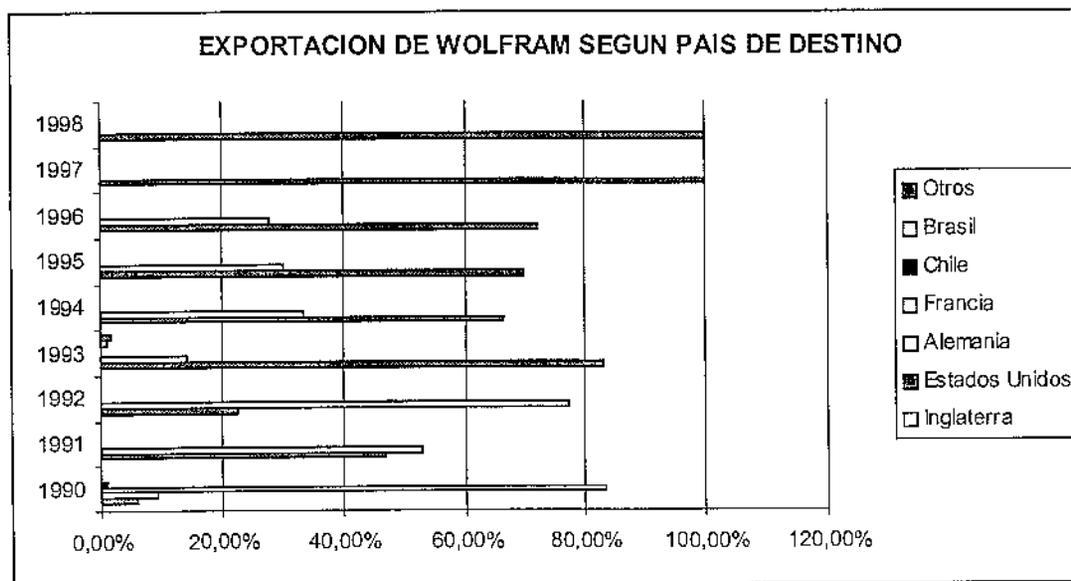
EE.UU.	13,61%	14,21%	4,72%	4,85%	2,68%	0,38%	0,36%	0,08%	0,35%
BOLIVIA	42,01%	33,47%	40,14%	27,86%	36,24%	37,74%	39,71%	9,81%	41,81%
BRASIL	10,75%	7,04%	9,67%	23,79%	16,78%	18,87%	18,05%	4,23%	17,42%
PERU	27,21%	38,90%	37,83%	38,64%	40,27%	37,74%	36,10%	84,53%	34,84%
MEXICO	6,22%	6,13%	7,64%	4,85%	4,03%	5,28%	5,78%	1,35%	5,57%
OTROS	0,20%	0,25%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
TOTAL AMERICA	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de "LIMITED NATIONS CONFERENCE ON TRADE"

CUADRO ANEXO 1.7
BOLIVIA: EXPORTACION DE WOLFRAM SEGÚN PAIS DE DESTINO
(ESTRUCTURA PORCENTUAL)

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Inglaterra	0,17%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Estados Unidos	6,04%	46,93%	22,62%	83,20%	66,38%	69,77%	71,92%	100,00%	100,00%
Alemania	9,24%	53,06%	77,38%	14,12%	33,62%	30,23%	28,08%	0,00%	0,00%
Francia	83,37%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Chile	1,14%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Brasil	0,00%	0,00%	0,00%	0,89%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Otros	0,05%	0,00%	0,00%	1,79%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%	100,00%

Fuente: Elaboración propia en base a datos del VICEMINISTERIO DE MINERIA Y METALURGIA



**CUADRO ANEXO 2.1
FLUJO DE CAJA PROYECTADO (EN \$US)**

DETALLE	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
I. INVERSIONES	859.000,66															
II. INGRESOS																
A Producción Promedio Anual Min. WDS (Kgs.)		195.933,00	215.526,66	237.979,00	268.786,00	266.865,00	315.522,86	347.197,00	361.918,00	429.000,00	438.711,86	458.257,57	478.673,99	500.000,00	522.276,14	545.544,73
B Menos Castigo Impurezas (36%)		50.779,90	64.657,80	71.123,78	79.235,89	86.059,56	94.656,69	104.132,18	114.545,49	129.000,00	131.613,59	137.477,27	143.662,20	159.000,00	156.692,84	163.663,42
C = (A - B) Producto Neto (Kg.)		137.153,18	159.869,29	165.955,30	192.558,29	200.805,59	229.865,49	242.974,90	267.272,59	294.000,00	307.098,37	329.780,39	335.971,79	359.000,00	365.583,39	391.661,31
VALUACIÓN MINERAL										1,90						
D Valor Unitario wairamita (\$us / Kg)		3,79	5,15	5,36	4,55	4,45	4,33	4,21	4,97	4,11	4,12	4,14	4,15	4,18	4,17	4,18
E Valor Unitario achella (\$us/Kg)		4,24	5,77	9,00	5,19	4,96	4,95	4,71	4,56	4,81	4,62	4,63	4,64	4,65	4,67	4,68
Valor de la Producción		461.841,49	721.597,44	825.399,85	771.546,63	929.191,38	889.551,74	949.527,85	1.019.888,58	1.123.097,76	1.176.067,15	1.231.534,76	1.269.619,48	1.358.441,58	1.414.133,34	1.489.629,93
F Menos Costo de Comercialización (3%)		15.419,93	23.989,24	26.411,84	24.869,56	28.531,24	26.433,66	30.384,89	32.346,43	35.839,13	37.834,15	39.499,11	41.287,79	43.214,13	45.252,27	47.366,53
VENTAS NETAS (E - F)		498.422,55	698.419,49	799.959,11	746.856,88	902.578,13	868.119,09	919.143,96	876.546,16	1.097.159,63	1.139.433,91	1.192.125,67	1.246.358,67	1.307.227,45	1.369.681,97	1.433.442,59
INGRESO EFECTIVO		498.422,55	698.419,49	799.959,11	746.859,08	882.579,13	960.110,66	919.143,96	876.549,16	1.097.159,63	1.138.433,81	1.192.125,67	1.248.358,67	1.307.227,45	1.368.681,87	1.433.442,59
III. COSTOS FIJOS Y VARIABLES																
Canon Arrendamiento 11% s/Ventas Netas		51.396,48	76.829,13	87.685,39	82.154,59	86.282,71	94.612,99	191.165,74	187.639,42	119.597,45	125.227,63	131.133,82	137.316,57	143.795,92	158.576,82	157.676,99
Sueldos y salarios s/Presupuesto Anual		159.545,52	175.500,99	193.950,08	212.355,09	233.590,69	256.919,86	282.644,63	316.999,09	342.000,00	378.296,90	413.929,00	455.202,00	508.722,29	556.794,42	905.873,98
Materia - Suministros s/Presupuesto Anual		103.564,84	113.821,18	125.313,21	137.844,53	151.828,99	188.791,69	193.471,97	291.818,18	222.000,99	244.200,80	266.620,00	295.482,00	325.936,29	357.533,22	389.266,54
Gastos Generales s/Presupuesto Anual		1.992,92	2.192,21	2.411,43	2.652,56	2.917,83	3.299,82	3.536,59	3.989,84	4.272,09	4.889,26	5.169,12	5.686,03	6.254,84	6.860,18	7.568,11
Capital de Operaciones		70000,00														
Obligaciones Sociales		23134,18	25447,51	27992,29	30781,48	33878,64	37257,70	40983,47	45081,62	49596,00	54549,80	60093,90	66004,29	72604,72	78805,18	87851,71
Depreciación Activo Fijo		19588,90	19500,00	19590,00	19500,00	19500,00	19500,00	19500,00	19500,00	19500,00	19500,00	19500,00	19588,90	19568,00	19500,00	19580,00
Cargas Onerosas		6500,90	6500,90	6590,00	6500,00	6590,00	6588,00	6500,00	6588,00	6500,00	6588,00	6590,00	6500,00	6588,00	6500,00	6500,00
Impuesto Complementario a la Minería		12048,04	18037,69	26634,25	19268,72	20727,53	22213,79	23739,28	25272,21	26977,44	29481,69	30766,37	32249,48	33761,04	35353,33	37026,73
Contingentes		1325,00	1325,66	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00	1325,00
TOTAL COSTO FIJOS Y VARIABLES		446.914,76	439.249,73	484.911,93	\$12.411,96	559.343,31	669.366,65	882.799,89	721.828,36	792.851,99	861.602,51	938.399,21	1.012.758,36	1.182.992,91	1.291.829,19	1.310.104,62
IV. COSTO FINANCIERO		45009,00	42857,14	40818,33	36972,69	37821,61	35259,99	33578,69	31398,66	36457,77	20007,48					
V. UTILIDAD BRUYA [II - (III + IV)]		-27492,15	216312,53	273530,15	195574,46	297285,21	216498,78	222764,69	224638,14	263949,97	247923,18	281785,45	235592,31	204234,63	187052,89	123337,68
VI. IMPUESTO A LAS UTILIDADES			54876,13	66382,54	49693,62	51801,30	54124,09	55691,17	56157,53	65962,24	91955,77	85441,36	56899,08	51058,66	41783,22	38934,47
VII. UTILIDAD NETA		-27492,15	182234,48	295147,61	146880,86	155483,91	162374,67	167073,51	168472,68	197987,73	165967,32	196324,09	178694,23	153175,98	125299,67	92503,41
AMORTIZACIÓN ACTIVO DIFERIDO		6500,90	6580,90	6598,00	6500,90	6588,90	6500,90	6500,00	6588,00	6500,00	6509,90	6509,90				
IX. DEPRECIACIÓN ACTIVOS FIJOS		19500,89	19580,00	19590,00	19590,00	19590,00	19588,90	19500,89	19500,00	19500,00	19588,90	19580,00	19590,00	19500,00	19500,00	19588,90
X. VALOR RESIDUAL (CONYABLE)																
CASH FLOW	-659.000,00	-1492,15	188234,40	231147,91	172686,86	161463,91	196374,87	193073,51	194472,80	223988,73	211887,32	216624,89	196194,23	172675,98	144789,87	112003,41

VALOR ACTUAL NETO	\$176.838,54
TASA DE RETORNO INTERNA	23,05%

Fuente: Elaboración propia en base al flujo de caja proporcionado por E.M.S.J.B.

**CUADRO ANEXO 2.2
SIMULACION DE MONTECARLO**

PRIMERA CORRIDA DE 100 PRUEBAS

TABLA DE NUMEROS ALEATORIOS

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	83	52	10	13	7	52	11	50	32	5
2	15	31	44	68	17	29	61	38	40	64
3	18	10	97	12	47	10	72	80	55	96
4	11	94	35	39	50	49	3	53	38	12
5	81	59	13	54	37	22	94	44	42	43
6	91	45	72	45	21	46	74	60	92	28
7	41	34	82	47	79	84	25	36	51	78
8	95	89	77	64	73	94	24	84	59	2
9	36	59	48	28	53	30	34	3	62	26
10	84	98	75	12	36	13	6	84	5	73

Elaboración propia en base a generación de aleatorios por medio de una hoja electrónica

SIMULACION DE MONTECARLO
PRIMERA CORRIDA DE 100 PRUEBAS

Prueba	Aleatorio	Rangos	Var. Precio	V.A.N.
1	83	81 - 89	0%	176.839,54
2	52	41 - 70	-4%	52.621,65
3	10	5 - 15	-8%	-52.530,45
4	13	5 - 15	-8%	-52.530,45
5	7	5 - 15	-8%	-52.530,45
6	52	41 - 70	-4%	52.621,65
7	11	5 - 15	-8%	-52.530,45
8	50	41 - 70	-4%	52.621,65
9	32	16 - 40	-6%	-2.130,86
10	5	0 - 5	-10%	-98.927,87
11	15	5 - 15	-8%	-52.530,45
12	31	16 - 40	-6%	-2.130,86
13	44	41 - 70	-4%	52.621,65
14	68	41 - 70	-4%	52.621,65
15	17	5 - 15	-8%	-52.530,45
16	29	16 - 40	-6%	-2.130,86
17	61	41 - 70	-4%	52.621,65
18	38	16 - 40	-6%	-2.130,86
19	40	16 - 40	-6%	-2.130,86
20	64	41 - 70	-4%	52.621,65
21	18	16 - 40	-6%	-2.130,86
22	10	5 - 15	-8%	-52.530,45
23	97	97 - 100	4%	323.612,95
24	12	5 - 15	-8%	-52.530,45
25	47	41 - 70	-4%	52.621,65
26	10	5 - 15	-8%	-52.530,45
27	72	71 - 80	-2%	112.147,66
28	80	71 - 80	-2%	112.147,66
29	55	41 - 70	-4%	52.621,65
30	96	90 - 96	2%	247.163,73
31	11	5 - 15	-8%	-52.530,45
32	94	90 - 96	2%	247.163,73
33	35	16 - 40	-6%	-2.130,86
34	39	16 - 40	-6%	-2.130,86
35	50	41 - 70	-4%	52.621,65

Optimización de Utilidades en Inversiones de Riesgo .

Prueba	Aleatorio	Rangos	Var. Precio	V.A.N.
36	49	41 - 70	-4%	52.621,65
37	3	0 - 5	-10%	-98.927,87
38	53	41 - 70	-4%	52.621,65
39	38	16 - 40	-6%	-2.130,86
40	12	5 - 15	-10%	-98.927,87
41	81	81 - 89	0%	176.839,54
42	59	41 - 70	-4%	52.621,65
43	13	5 - 15	-10%	-98.927,87
44	54	41 - 70	-4%	52.621,65
45	37	16 - 40	-6%	-2.130,86
46	22	16 - 40	-6%	-2.130,86
47	94	90 - 96	2%	247.163,73
48	44	41 - 70	-4%	52.621,65
49	42	41 - 70	-4%	52.621,65
50	43	41 - 70	-4%	52.621,65
51	91	90 - 96	2%	112.147,66
52	45	41 - 70	-4%	52.621,65
53	72	71 - 80	-2%	112.147,66
54	45	41 - 70	-4%	52.621,65
55	21	16 - 40	-6%	-2.130,66
56	46	41 - 70	-4%	52.621,65
57	74	71 - 80	-2%	112.147,66
58	60	41 - 70	-4%	52.621,65
59	92	90 - 96	2%	112.147,66
60	28	16 - 40	-6%	-2.130,66
61	41	41 - 70	-4%	52.621,65
62	34	16 - 40	-6%	-2.130,66
63	82	81 - 89	0%	176.839,54
64	47	41 - 70	-4%	52.621,65
65	79	71 - 80	-2%	112.147,66
66	84	81 - 89	0%	176.839,54
67	25	41 - 70	-4%	52.621,65
68	36	16 - 40	-6%	-2.130,66
69	51	41 - 70	-4%	52.621,65
70	78	71 - 80	-2%	112.147,66
71	95	90 - 96	2%	112.147,66
72	89	81 - 89	0%	176.839,54
73	77	71 - 80	-2%	112.147,66
74	64	41 - 70	-4%	52.621,65
75	73	71 - 80	-2%	112.147,66

Optimización de Utilidades en Inversiones de Riesgo

Prueba	Aleatorio	Rangos	Var. Precio	V.A.N.
76	94	90 - 96	2%	112.147,66
77	24	16 - 40	-6%	-2.130,66
78	84	81 - 89	0%	176.839,54
79	59	41 - 70	-4%	52.621,65
80	2	71 - 80	-2%	112.147,66
81	36	16 - 40	-6%	-2.130,66
82	59	41 - 70	-4%	52.621,65
83	48	41 - 70	-4%	52.621,65
84	28	16 - 40	-6%	-2.130,66
85	53	41 - 70	-4%	52.621,65
86	30	16 - 40	-6%	-2.130,66
87	34	16 - 40	-6%	-2.130,66
88	3	0 - 5	-10%	-98.927,87
89	62	41 - 70	-4%	52.621,65
90	26	16 - 40	-6%	-2.130,66
91	84	81 - 89	0%	176.839,54
92	98	97 - 100	4%	52.621,65
93	75	71 - 80	-2%	112.147,66
94	12	5 - 15	-8%	-52.530,45
95	36	16 - 40	-6%	-2.130,66
96	13	5 - 15	-8%	-52.530,45
97	6	5 - 15	-8%	-52.530,45
98	84	81 - 89	0%	176.839,54
99	5	0 - 5	-10%	-98.927,87
100	73	71 - 80	-2%	112.147,66

Fuente: Elaboración Propia

CUADRO ANEXO 2.3

ESTIMACION DE PARAMETROS ECUACION DEL COSTO DE CAPITAL

EMPRESA	Valor Medio (Millones de \$us)	Desviación Estándar (σ)	Coefficiente de Variación (v)	Costo de Capital (K)	Costo de Capital Estimado (K')
SMUKER	575,00	25,35	0,04409	11,00%	10,16%
RUBBERMAIL	2828,00	231,11	0,08172	15,90%	13,05%
CONSOLIDATED PAPER	1.995,00	165,21	0,08281	14,70%	13,14%
LOUSON PRODUCTS	366,00	32,60	0,08907	12,90%	13,62%
ABBOT LABORATORIES	15.588,00	1.490,00	0,09559	16,40%	14,12%
BONDAG INC	1.134,00	109,90	0,09691	15,60%	14,22%
HORMEL	1.210,00	118,90	0,09826	11,20%	14,32%
PFIZER	11.991,00	1.223,60	0,10204	11,90%	14,61%
VULCAN MATERIALS	1.738,00	178,63	0,10278	11,80%	14,67%
WRIGLY	1.893,00	223,83	0,11824	18,90%	15,86%
LILLY (ELY)	17.172,00	2.333,90	0,13591	11,20%	17,21%
MERK & CO	29.312,00	4.432,30	0,15121	19,80%	18,39%
THE GAP	1.969,00	383,60	0,19482	28,00%	21,73%
HASBRO INC	1.317,00	368,60	0,27988	20,40%	28,27%
ST JUDE MEDICALL	837,00	301,10	0,35974	38,40%	34,40%

Resultados de la Regresión: $K = K^* + \beta v$

Constante K^*	0,06777074
Error estándar	0.03999521
Coef. de determinación R^2	0.89451671
Parámetro β	0.76788212
Error estándar de β	0.12803849

$n = 15$ observaciones $m = 13$ grados de libertad

ANEXO 2.4
DETERMINACION DEL TAMAÑO DE LA MUESTRA
PARA LA SIMULACION

La media muestral, en situaciones de muestreo aleatorio simple para una población de tipo infinito y de origen normal, es el mejor estimador de la media poblacional dado que es un estimador insesgado, consistente eficiente y suficiente¹.

Se define a la media muestral de las observaciones x_i por:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

Donde la esperanza matemática de \bar{x} es la media poblacional, \bar{X} y la varianza esra definida por: $\frac{\sigma^2}{n}$

Según el teorema central del límite en condiciones muy generales, se tiene:

$$\bar{x} \sim N\left(\bar{X}, \frac{\sigma^2}{n}\right) \quad (2)$$

$$\bar{x} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \varepsilon + \bar{X} \quad (3)$$

Donde: ε es la variable aleatoria normal (0, 1)

¹ Suarez Suarez, Andres. *Decisiones Optimas de Inversión y Financiación en la Empresa* 18va. Ed

Optimización de Utilidades en Inversiones de Riesgo

A partir de estas consideraciones , podemos construir un intervalo de confianza para determinar el número óptimo de aleatorios que se deben utilizar para que la diferencia entre la media poblacional y su estimación sea en valor absoluto menor o igual que un valor K (representativo de la media), con una probabilidad, digamos del 99,7%, entonces se tiene:

$$0,997 = P\left[|\bar{x} - \bar{X}| \leq K\right] = P\left[\left|\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \varepsilon\right| \leq K\right] = P\left[|\varepsilon| \leq \frac{K}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}}\right] = P\left[|\varepsilon| \leq K'\right] \quad (4)$$

Utilizando tablas:

$$K' = 3 = \frac{K}{\frac{\sigma}{\sqrt{n}}} \quad (5)$$

De donde se obtiene que el tamaño de la muestra, viene dado por:

$$n = \frac{9\sigma^2}{K^2} \quad (6)$$

Utilizando este resultado, en el caso de aplicación se tiene:

$$n = \frac{9(97553,43)^2}{(13.088)^2} = 500$$

Con K = 13.088 (25% del valor medio, del VAN))

ANEXO 2.5
TEST CHI CUADRADO
DEL AJUSTE DE LA FUNCION NORMAL A LA DISTRIBUCION
PROBABILISTICA DEL V.A.N.

La prueba de la bondad de ajuste de distribuciones teoricas a distribuciones muestrales tiene la finalidad de determinar si existen diferencias importantes entre los valores de los parametros muestrales con respecto a los parametros poblacionales, generalmente se utilizan la media y la desviación estándar de la muestra para estimar los parametros poblacionales y un ensayo comunmente utilizado es el Test Chi Cuadrado, para el ajuste de la función normal.

Limites de Clase		Valores Estandarizados	Area bajo la Curva Normal	Frecuencia Observada	Frecuencia Esperada
Var. Precio	V. A. N.				
-10%	-98927,87	-1.56	0.1182	0,05	0.0393506
-8%	-52530,45	-1.09	0.2203	0,14	0.0292696
-6%	-2130,86	-0.57	0.3391	0,24	0.0289614
-4%	52621,65	-0.01	0.3989	0,29	0.0297298
-2%	112147,66	0.60	0.3332	0,11	0.1495145
0%	176839,54	1.26	0.1804	0,08	0.0558767
2%	247163,73	1.99	0.0551	0,06	0.0004358
4%	323612,95	2.77	0.0086	0,03	0.0532512

Dónde los valores estandarizados se obtienen a partir de:

$$z = \frac{x_i - \bar{x}}{s} \quad (1)$$

Para: $\bar{x} = M [VAN] = 53.469,83 \text{ \$us}$
 $s = 97.553,43 \text{ \$us}$

Utilizando la prueba chi cuadrado:

$$X^2 = \sum_{i=1}^n \frac{[(f_o - f_e)_i]^2}{f_e} = 0.36638952 \quad (2)$$

* f_o , frecuencia observada
 f_e , frecuencia esperada

Este valor representa el estadístico de prueba para determinar si el ajuste es o no bueno, así se tiene las hipótesis estadísticas:

H_0 : El ajuste no es bueno
 H_1 : El ajuste es bueno

Optimización de Utilidades en Inversiones de Riesgo

Utilizando niveles de significación del 95% y 90%, se utilizan los estadísticos de tablas, con 5 grados de libertad :

$$gl = k - 1 - m = 8 \text{ (obs)} - 1 - 2 \text{ (parámetros)} = 5$$

Entonces por tablas se tiene:

$$X^2_{0.95} \text{ con } 5 \text{ gl} = 11,100 > 0.36638952$$

$$X^2_{0.05} \text{ con } 5 \text{ gl} = 0.412 > 0.36638952$$

$$X^2_{0.90} \text{ con } 5 \text{ gl} = 7,78 > 0.36638952$$

$$X^2_{0.10} \text{ con } 5 \text{ gl} = 1.61 > 0.36638952$$

Dado que en ambos niveles de significación el estadístico de prueba es menor que el de tablas, se infiere que el ajuste es muy bueno, por tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .